

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra energetiky

Zhodnocení a návrh technologických opatření a úprav za účelem snížení energetických ztrát budovy

Evaluation and Proposal of Technological Measures and
Adjustments in Order to Reduce the Energy Losses of the Building

Zadání bakalářské práce

Student: **Martin Chmiel**

Studijní program: B2341 Strojírenství

Studijní obor: 3907R009 Provoz energetických zařízení

Téma: Zhodnocení a návrh technologických opatření a úprav za účelem snížení energetických ztrát budovy
Evaluation and Proposal of Technological Measures and Adjustments in Order to Reduce the Energy Losses of the Building

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Vypracujte a popište možnosti energeticky úsporných opatření a problematiku energetických vlastností budov s ohledem na současnou legislativu a možnosti dotací, to vše formou rešerše. Popište konkrétní objekt a stav před technologickým opatřením. Proveďte technické schéma a energetický výpočet budovy, bilanci a navrhnete vhodné řešení za účelem úspory energie. Proveďte zhodnocení daného řešení z pohledu ekonomického v porovnání s dalšími variantami a popište dopady na životní prostředí. Zhodnoťte výhody a nevýhody navrženého řešení.

Osnova:

1. Rešerše na téma snižování energetické náročnosti budov.
2. Současné možnosti řešení, varianty dostupné v minulosti a současnosti, dotace.
3. Energetická bilance vybrané budovy, výpočtová část, výkresová část.
4. Návrh technického opatření za účelem snížení energetické náročnosti budovy.
5. Technicko-ekonomické a ekologické zhodnocení.
6. Závěr a doporučení.

Seznam doporučené odborné literatury:

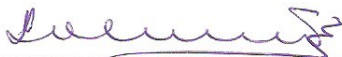
1. KAMINSKÝ, J.; VRTEK, M. Obnovitelné zdroje energie. VŠB-TU Ostrava, Ostrava, 1998.
2. KABELE, K. a kol. Energetická náročnost budov v souvislostech s platnou legislativou ČR. 1. vyd., nakladatelství ARCH, Praha, 2008.
3. PETRÁŠ, D. Vytápění rodinných a bytových domů. Nakladatelství JAGA, Bratislava, 2005.
4. Technická normalizační informace č. 730331 Energetická náročnost budov.
5. Stavební a firemní podklady, webové odborné portály.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

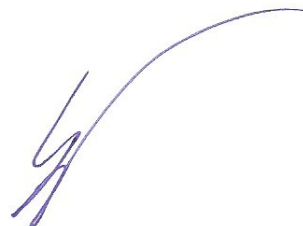
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Ondřej Němček, Ph.D.**

Datum zadání: 09.12.2016

Datum odevzdání: 15.05.2017



doc. Ing. Kamil Kolarčík, CSc.
vedoucí katedry



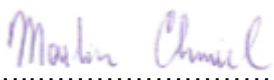
doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty



Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě



.....

podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 - školní dílo.
- беру на ве́доміі, же Высoкá škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB – TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB – TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB – TUO.
- было сједнано, же с VŠB – TUO, в případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského práva
- было сједнано, же užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnou licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB – TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB – TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́доміі, же оdevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě:


.....

podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce:

Martin Chmiel

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Ropice 329, 739 61 Ropice

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Chmiel, M. *Zhodnocení a návrh technologických opatření a úprav za účelem snížení energetických ztrát budovy: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra energetiky, 2017, 62 s. Vedoucí práce: Ing. Ondřej Němček, Ph.D.

Bakalářská práce se zabývá návrhem energetických opatření za účelem snížení energetických ztrát rodinného domu jeho obálkou. V úvodu jsou popsány důvody, které nás vedou k zateplování budov. V teoretické části jsou dále zpracovány základní teoretické informace týkající se energetických opatření stávajících rodinných domů. Rovněž jsou zde popsány základní způsoby izolace obvodových konstrukcí budov spolu s nejpoužívanějšími tepelně izolačními materiály. V praktické části je zpracován popis počátečního stavu konkrétní budovy a tepelně technické vlastnosti budovy. Je proveden výpočet tepelných ztrát budovy a návrh nejvhodnějšího materiálu pro zateplení budovy. Výsledkem této bakalářské práce je návrh vhodného řešení a výběr nejvhodnějšího izolačního materiálu pro vybraný objekt. Součástí této práce je i ekonomické zhodnocení investičních nákladů na izolaci a vytápění zvoleného objektu, včetně výpočtu prosté doby návratnosti.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

Chmiel, M. *Evaluation and Proposal of Technological Measures and Adjustments in Order to Reduce the Energy Losses of the Building: bachelor thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Power Engineering, 2017, 62 p. Thesis head: Ing. Ondřej Němček Ph.D.

The bachelor thesis deals with the design of energy measures in order to reduce its losses in a house by its energy envelope. The introduction of the work contains general reasons that lead us to insulate buildings. The theoretical part demonstrates not only basic theoretical information concerning the energy measures of existing houses but it also brings up basic methods of insulation of the perimeter structures of the buildings together with the most used thermal insulation materials. The practical part is based on the description of the initial state of the specific building including its thermal and technical characteristics. This is followed by a calculation of the heat losses of the building and by a design of the most suitable material for thermal insulation. The end of the work is resulting in the design of the best solution and in specific recommendation of the most suitable insulation material. Last but not least, economic evaluation of investment costs for the insulation and heating of the chosen building including calculations and payback period is also integral to this work.

Obsah

Seznam použitých zkratk	9
Úvod	12
1 Důvody zateplení budov a úspory energie	13
1.1 Ekonomické důvody	14
1.2 Technické důvody	14
1.2.1 Odstranění kondenzace vlhkosti	14
1.2.2 Zlepšení akustických vlastností	15
1.2.3 Zlepšení tepelné pohody	15
2 Energeticky úsporná opatření	15
2.1 Druhy energeticky úsporných opatření	16
2.1.1 Uživatelské úpravy	17
2.1.2 Stavební úpravy	17
2.1.3 Technologické úpravy	22
2.2 Dotace	26
3 Způsoby zateplení obvodových konstrukcí	27
3.1 Vnitřní izolace	27
3.2 Vnější izolace	28
3.2.1 Kontaktní zateplovací systémem (ETICS)	28
3.2.2 Provětrávaná (závěsná) fasáda	30
3.2.3 Tepelně izolační omítky	31
3.3 Sendvičová konstrukce	31
4 Srovnání nejpoužívanějších druhů izolačních materiálů	32
4.1 Pěnový polystyren (PPS, EPS)	32
4.1.1 Šedý polystyren	33
4.2 Extrudovaný polystyren (XPS)	34
4.3 Desky z minerálního vlákna	34
5 Tepelná bilance rodinného domu	35
5.1 Popis stávajícího stavu rodinného domu	35
5.2 Postup výpočtu tepelných ztrát	36

5.3	Výpočet tepelných ztrát rodinného domu	40
5.3.1	Přehled stávajících konstrukcí.....	41
5.3.2	Příklad výpočtu tepelných ztrát místnosti	43
5.4	Tepelné ztráty stávající budovy	45
5.4.1	Celkové tepelné ztráty stávající budovy	47
5.4.2	Souhrn parametrů stávajících místností	48
5.4.3	Tepelné ztráty prostupem jednotlivými konstrukcemi	48
5.4.4	Průměrný součinitel prostupu tepla stávající budovy	48
5.5	Návrh a volba tepelné izolace	49
5.5.1	Přehled zateplených konstrukcí.....	50
5.6	Tepelné ztráty zateplené budovy.....	50
5.6.1	Celkové tepelné ztráty zateplené budovy	52
5.6.2	Souhrn parametrů zateplených místností	53
5.6.3	Tepelné ztráty prostupem jednotlivými konstrukcemi zateplené budovy.....	53
5.6.4	Průměrný součinitel prostupu tepla zateplené budovy.....	54
6	Zdroje vytápění	54
6.1.1	Stávající zdroj vytápění	54
6.1.2	Navrhovaný zdroj vytápění.....	55
7	Ekonomické zhodnocení	56
7.1	Potřeba energie na vytápění	56
7.1.1	Stávající budova	56
7.1.2	Zateplená budova	56
7.2	Roční náklady na vytápění	57
7.3	Náklady na zateplení.....	57
7.4	Prostá doba návratnosti	58
8	Závěr.....	59
9	Seznam použité literatury.....	60
10	Seznam příloh	62

Seznam použitých zkratk

λ	součinitel tepelné vodivosti	[W/mK]
U	součinitel prostupu tepla	[W/m ² K]
ETICS	external thermal insulation composite systems	[-]
CO ₂	oxid uhličitý	[-]
d	průměr konstrukce	[mm]
ΔU	korekční činitel tepelných mostů	[W/m ² K]
UN,20	normové hodnoty součinitele přestupu tepla	[W/m ² K]
R _{si}	odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce	[W/m ² K]
R _{se}	odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce	[W/m ² K]
R _v	odpor při přestupu danou vrstvou	[m ² K/W]
Q _{C,m}	celková tepelná ztráta místnosti	[W]
Q _{C,p}	celková tepelná ztráta podlaží	[W]
Q _C	celková tepelná ztráta budovy	[W]
Q _P	tepelná ztráta prostupem	[W]
Q _V	tepelná ztráta větráním	[W]
Q _Z	trvalý tepelný zisk	[W]
q _{vz}	koeficient tepelné ztráty ve styku s vnějším vzduchem	[W/K]
q _{ze}	koeficient tepelné ztráty ve styku se zeminou	[W/K]
q _{nm}	koeficient tepelné ztráty ve styku s nevytápěnými místnostmi	[W/K]
q _{om}	koeficient tepelné ztráty ve styku s rozdílně vytápěnými místnostmi	[W/K]
S	plocha konstrukce	[m ²]
e	korekční faktor vystavení povětrnostním vlivům	[-]

G_w	faktor spodní vody	[-]
t_{f1}	teplotní faktor kolísání venkovní teploty	[-]
t_{f2}	teplotní faktor venkovní průměrné roční teploty	[-]
t_i	vnitřní výpočtová teplota	[°C]
t_e	venkovní výpočtová teplota	[°C]
$t_{e,r}$	venkovní roční průměrná teplota	[°C]
t_{f3}	teplotní faktor nevytápěných místností	[-]
t_{nm}	teplota nevytápěné místnosti	[°C]
t_{f4}	teplotní faktor rozdílně vytápěných místností	[-]
t_{om}	teplota v rozdílně vytápěné místnosti	[°C]
q_v	koeficient tepelné ztráty větráním	[W/K]
\dot{V}	proud větracího vzduchu	[m³/h]
\dot{V}_{inf}	proud způsobený infiltrací	[m³/h]
\dot{V}_{min}	minimální proud vzduchu	[m³/h]
V_m	objem vzduchu v místnosti	[m³]
n_{min}	minimální intenzita výměny vzduchu v místnosti	[h⁻¹]
n_{50}	množství výměny vzduchu konstrukcemi budovy při tlakovém rozdílu 50 Pa	[1/h]
e_1	stínící koeficient	[-]
γ	výškový faktor	[-]
$\dot{V}_{p,vz}$	proud přiváděného vzduchu	[m³/h]
\dot{V}_{mech}	proud přísávaného vzduchu konstrukcemi budovy	[m³/h]
t_{f5}	teplotní faktor přísávaného vzduchu	[-]

$t_{p,vz}$	teplota přiváděného větracího vzduchu	[°C]
T_C	teplená charakteristika budovy	[W/m ³ K]
V	obestavěný vytápěný prostor	[m ³]
$t_{i,r}$	průměrná vnitřní teplota	[°C]
E	potřeba energie na vytápění	[kWh/m ³ rok]
q_c	celková měrná tepelná ztráta	[W/K]
S_C	celková plocha teplosměnných konstrukcí	[m ²]
$t_{e,r}$	průměrná roční teplota venkovního vzduchu	[°C]
O	exponovaný obvod budovy	[m]
$U_{em,lim}$	limit průměrného součinitele prostupu tepla obálky budovy	[W/m ² K]
$U_{,em}$	průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy	[W/m ² K]
S_o	plocha obalových konstrukcí budovy	[m ²]
$C_{Celk.}$	celková cena zateplení	[Kč]
$C_{úprav}$	celková cena úprav	[Kč]
$r_{úspora}$	roční úspora	[Kč]
D_n	prostá doba návratnosti	[rok]

Úvod

Díky rozrůstající se lidské populaci je kladen stále větší a větší důraz na snižování energetické spotřeby. Spotřeba energií spojená s budovami se podílí na celkové spotřebě primárních energetických zdrojů více než třetinou. Podobný dopad má na množství produkovaných emisí skleníkových plynů.

Rekonstrukce obytných budov snižující jejich energetickou náročnost jsou z důvodu finanční úspory za platby energií a minimalizace produkce škodlivých emisí stále aktuálnějším tématem. Česká republika se vstupem do Evropské unie zavázala ke změně v přístupu k nakládání s přírodními zdroji a energetickému hodnocení budov přijetím evropských legislativních požadavků a principů. Opatření vedoucí k úspoře energie jsou za určitých podmínek podporována motivačními nástroji, které mají za úkol kompenzovat vyšší pořizovací náklady těchto opatření. V České republice je příkladem takového motivačního nástroje dotační program „Nová zelená úsporám“.

Zateplování je nyní nejpoužívanější stavební úpravou, a to zejména zateplení obálky budovy, tato úprava vede k významné úspoře energie potřebné k vytápění a tím i nákladům na samotné vytápění. U správně navrhnutého a provedeného zateplení je možno snížit spotřebu energie na vytápění až o 40–50 %. Takže můžeme ušetřit až polovinu nákladů na vytápění ročně.

Cílem této práce bylo zpracování teoretické části, která je porovnání materiálů a možnosti získání podpory. V praktické části bude řešena energetická bilance vybraného objektu, návrh úsporných opatření ke snížení energetické náročnosti budovy spolu s ekonomickým zhodnocením výsledků a doporučením nejvýhodnější varianty úsporných opatření investorovi.

1 Důvody zateplení budov a úspory energie

Největší motivací k rekonstrukci obytných budov a použití energeticky úsporných opatření jsou nižší finanční náklady na vytápění, menší investice do otopné soustavy a zdroje tepla, ale tím i zlepšení klimatických podmínek uvnitř budovy, akustických vlastností, vzhledu domu a příznivějšího dopadu na životní prostředí. Tato opatření ve většině případů vyžadují vysoké vstupní investice, které mohou řadu lidí odradit. Se snížením těchto vstupních investic nám mohou významně pomoci dotační programy, které jsou k tomu určeny.

Ve studii od Evropské unie o možnostech energetických úspor se můžeme dočíst, že ve státech Evropské unie činí spotřeba energie v rodinných či obytných domech téměř 40 % z veškeré spotřebované energie Evropské unie. Proto lze v domácnostech úsporou energie účinně snížit produkci emisí, například v poslední době zejména tolik probíraných skleníkových plynů. Díky úpravám, jako jsou například zateplení budovy, výměna dveří a oken, či užívání energie z obnovitelných zdrojů, výrazně přispěje k celkové snížení spotřeby energií a snížení produkce CO₂. Ve výsledcích této studie je také uvedeno, že v klimatickém pásu České republiky můžeme snížit spotřebu v rodinných a obytných domech pomocí energeticky úsporných opatření až o dvě třetiny a dostaneme se tak na třetinovou spotřebu energie. Studie dále uvádí průměrnou roční spotřebu energie, a to u starých staveb (1918-1977) od 351 až po 190 kWh/m² ročně, u rekonstruovaných budov a novostaveb 74 až 113 kWh/m². Nízkoenergetické domy se pohybují okolo hodnoty 30 kWh/m² a pasivní domy do 15 kWh/m². Na základě této studie vyzvala Evropská unie všechny členské státy, aby motivovali své obyvatele ke stavebním úpravám stávajících obytných budov a také k výstavbě nových nízkoenergetických či pasivních budov. Pomocí podpůrných programů jako jsou granty, výhodné půjčky, daňové úlevy a dotace, tyto prostředky mají za úkol snížit investorům vysoké investiční náklady na výše zmíněná energeticky úsporná opatření a pomoci tím k jejich realizaci. [1]

1.1 Ekonomické důvody

Zateplením docílíme snížení energetické náročnosti budovy, čímž se nám trvale sníží i náklady na vytápění, které dále vede k instalaci menšího a levnějšího zdroje tepla (výměna kotle), dále můžeme pokračovat výměnou otopných těles, teplosměnných ploch a jejich rozvodů. Výměna kotle a otopných těles by měla vždy následovat až po zateplení budovy, protože po zateplení se nám razantně změní podmínky pro vytápění. U zateplených rodinných a obytných domů s vlastním zdrojem tepla se nám taky změní otopná sezóna, kterou můžeme začít později a dříve skončit a tím ušetřit 10 až 15 % energie potřebné na vytápění.

1.2 Technické důvody

Vnější zateplení sebou nese řadu příznivých změn v technických vlastnostech stavby, které začnou obyvatelé pociťovat.

1.2.1 Odstranění kondenzace vlhkosti

Správným celkovým zateplením se odstraní jedna z nejběžnějších a nejnejpříjemnějších poruch nezateplených domu, a to kondenzace vodní páry na vnitřním povrchu obvodových konstrukcí. Tím zamezíme i vzniku plísní, která je následkem oné kondenzace par.

K povrchové kondenzaci na vnitřním povrchu dochází zejména v místech, kde se nacházejí tepelné mosty nebo jsou špatné tepelné vazby mezi konstrukcemi. V těchto místech uniká větší množství tepla a snižuje se vnitřní teplota stěny. Pokud klesne teplota pod teplotu rosného bodu, kondenzuje se zde vodní pára obsažená ve vzduchu. Takto postižená místa můžeme lokalizovat pomocí viditelných vlhkých map či plísní na obvodových konstrukcích budovy. Existují ovšem i místa, kde je daleko menší únik tepla a ty nejsme schopni vidět pouhým okem, ale pouze pomocí termo kamery. Tyto skryté poruchy se velmi často vyskytnou, až když dojde například ke změně vytápění, větrání nebo po výměně oken či jejich lepším utěsnění, poněvadž dojde ke zvýšení vlhkosti vnitřního vzduchu. Toto je důvod, proč se v některých domech, které byly částečně nebo nesprávně zateplené, vyskytly plísně. [2], [3]

Zateplení ovlivňuje jak povrchovou kondenzaci, tak i kondenzaci vodních par uvnitř konstrukce. Při vnějším zateplení jde o efekt příznivý, kdy nám množství zkondenzované vlhkosti klesá a kondenzace vlhkosti se posouvá k vnějšímu povrchu obálky budovy. Také dojde ke snížení teplotní dilatace prvotní konstrukce a potlačí se tak namáhání a poruchy, které následkem toho vznikají. [4]

Vlhkost vzduchu v místnostech má významný vliv na naše zdraví, protože ke správnému dýchání potřebujeme vlhký vzduch, ten ovšem zapříčiňuje výše zmíněnou tvorbu plísní. Proto musíme nalézt kompromis a vzduch v místnostech by neměl být ani moc suchý, ani moc vlhký. Optimální hodnota, která se běžně uvádí, je 50 % relativní vlhkosti. [2]

1.2.2 Zlepšení akustických vlastností

Při správné volbě materiálu má zateplení velký vliv na akustické vlastnosti domu. Zejména při použití minerální vlny dojde ke značnému odhlučnění okolí domu. Tuto vlastnost pocítí nejvýrazněji vlastníci domů, které se nacházejí poblíž výrazného zdroje hluku, jako jsou frekventované silnice, nádraží či hlučná výroba. Ale i když se dům nenachází v blízkosti, kde by byly převýšeny hygienické hodnoty hluku, má zateplení příznivou přidanou hodnotu, neboť se nám zvyšuje kvalita a komfort našeho bydlení. [4]

1.2.3 Zlepšení tepelné pohody

Stejně jako v zimním období, tak i v letním se nám zlepší tepelná pohoda v místnostech domů či bytů. Zatímco v zimních měsících dojde ke snížení rozdílů mezi povrchovou teplotou stěn a při přerušovaném vytápění se nám zvýší tepelná pohoda v místnostech, tak v letním období nedochází díky vnějšímu zateplení k tak výraznému přehřívání vzduchu v místnostech, a tím se nám opět zvyšuje komfort a hygienické podmínky našeho bydlení. [4]

2 Energeticky úsporná opatření

V závislosti na stáří budovy přináší energeticky úsporná opatření budov úspory 50 až 80 % oproti původnímu stavu. Také se může podařit za určitých stavebních předpokladů dosáhnout úspory až 90 % (tj. snížení na 1/10) a dostaneme se tímto na nízkoenergetický standart FfW-40 nebo dokonce standart pasivního domu. Těchto úspor však můžeme dosáhnout jen dodržením dvou základních podmínek. [2]

1. Celý objekt a všechny jeho stavební díly, kotel, otopná soustava a příprava teplé vody jsou velmi podrobně upraveny. Přičemž jde tato opatření provádět po krocích.
2. Je bezpodmínečně nutno použít větší tloušťky izolačních materiálů, než je obvyklé a používat izolační materiály s hodnotou $\lambda = 0,040 \text{ W/mK}$ a menší.
 - Na vnější izolaci stěny použít 16 až 20 cm izolačního materiálu a u pasivního domu 30 až 40 cm izolačního materiálu.
 - Vnitřní izolace stěn 8 až 10 cm izolačního materiálu.
 - Šikmá a plochá střecha nebo strop nejvyššího podlaží by měl být zateplen 30 cm vrstvou izolačního materiálu u pasivního domu 40 cm.
 - Okna (rám a zasklení) s hodnotou $U = 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ nebo lepší, u pasivního domu trojitě zasklení a certifikovaná okna pro pasivní domy s tepelněizolačními rámy.
 - Strop sklepa opatřit 12 až 16 cm izolačního materiálu.
 - Abychom se dostali ke standartu pasivního domu, musíme provést i instalaci ventilačního zařízení s rekuperací vzduchu, ale aby toto zařízení fungovalo správně, musíme zajistit správnou těsnost budovy. [2]

U všech energetických opatření je nutné mít na vědomí, že co se neudělá dostatečně, už nepůjde nikdy zlepšit, určitě ne za ekonomicky výhodných podmínek. Proto by si měli všichni, kteří se chystají k rekonstrukci uvědomit, že ne vždy je výhodné zvolit levnější izolační materiály nebo použití menší tloušťky izolačních materiálů. Vždy by měla zvítězit volba kvalitnějších materiálů a jejich maximální tloušťka. [2]

2.1 Druhy energeticky úsporných opatření

Druhy energeticky úsporných opatření, které bylo dále zpracováno, je důvodem zajištění pohody a hygienicky zdravého klimatu v místnostech, které má velký vliv na naše zdraví, poněvadž kvalitu prostředí v místnostech vnímáme každý den.

Tyto úpravy dělíme do tří základních skupin:

1. Uživatelské
2. Stavební
3. Technologické

2.1.1 Uživatelské úpravy

Tento druh uprav můžeme provést za velmi malých či dokonce i nulových investic. Často jde o úpravy, které se netýkají stavební konstrukce domu a jeho technologických zařízení. Zavedením těchto opatření snižujeme svůj životní standart, proto tato opatření nejsou příliš častá.

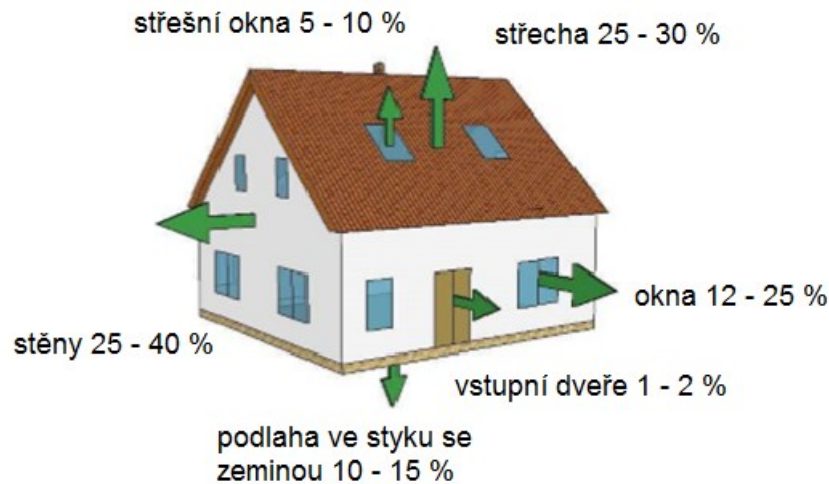
Na vytápění domácností je využíváno největší množství energie, proto zde můžeme ušetřit nejvíce peněz. Důležité je nepřetápět budovu a správně větrat, abychom docílili optimální vlhkosti vzduchu uvnitř budovy. Ztráty rozvodů otopné soustavy, zejména sklepů můžeme snížit pomocí izolací teplovodního potrubí v nevytápěných místnostech. Dalším důležitým opatřením jsou také překážky nad a před tepelnými zdroji (závěsy, stoly, sedačky).

Výraznou spotřebou v domácnosti je energie na ohřev teplé vody. Zde můžeme ušetřit množství spotřebované vody, když vyměníme sprchování (40-75 l vody) za koupání ve vaně (průměrně 160 l vody) nebo nastavením termostatického směšovače či pořízením úspornějších vodovodních baterií a sprchových hlavice.

Také můžeme redukovat spotřebu elektrické energie pomocí výběru domácích spotřebičů a elektroniky s větší účinností nebo volbou účinnějších zdrojů světla a jeho zodpovědnějším používáním. Například v kuchyni můžeme dosáhnout jisté úspory, když začneme používat pokličku při vaření či správnou volbou velikosti hrnce ku velikosti plotýnky. Těchto uživatelských opatření je daleko více a zde uvedené příklady jsou jen jejich ukázkou, že můžeme snížit spotřebu energie a tím i nákladů bez výraznějších investic.

2.1.2 Stavební úpravy

U těchto úprav je nutné počítat s jejich výrazně vyšší počáteční investicí. Těmito úpravami se snažíme co možná nejlépe zamezit tepelným ztrátám objektu obálkou budovy a tím redukovat spotřebu tepelné energie na vytápění objektu. Všechny tyto ztráty můžeme vidět na obrázku 1. Každou ze ztrát lze minimalizovat několika způsoby, které budou popsány v následujících odstavcích.



Obrázek 1 Tepelné ztráty budovy [18]

Okna a dveře:

Tyto části slouží k vizuálnímu propojení vnitřního a vnějšího prostředí domu a jsou jeho nedílnou součástí, jelikož se starají o osvětlování a větrání místností v budově. Jsou na okna kladeny velmi rozdílné požadavky. V zavřené pozici musí být těsná, ale musejí se otvírat. Také musí pouštět sluneční světlo a teplo dovnitř, ale také zamezit úniku tepla ven. Dovnitř musí propouštět co nejmenší množství hluku, ale zároveň musí být lehká a tenká. V moderní architektuře se čím dál více používají velké prosklené plochy budov, proto je kladen velký důraz na tepelně izolační vlastnosti těchto ploch. V závislosti na tomto došlo k velkému pokroku u tepelně izolačních dvoj a troj skel, která se mohou dostat až na hodnotu $U = 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$. [3]

K tepelný ztráta okny do okolí dochází těmito pěti způsoby:

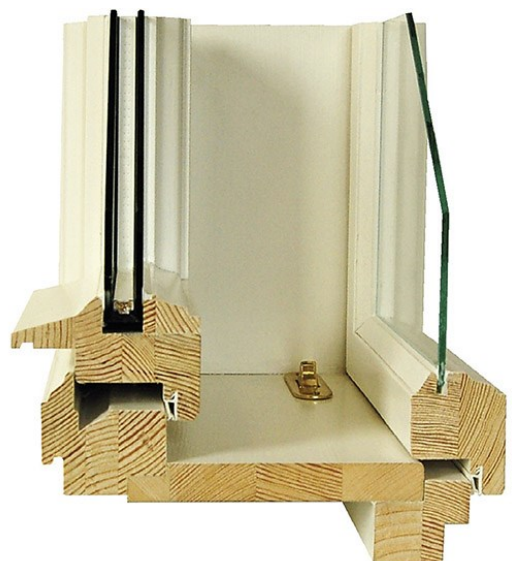
1. **Infiltrací** – jde o vniknutí venkovního vzduchu do místnosti netěsnostmi mezi křídlem okna a jeho rámem, který je zasazený do obálky budovy nebo mezi rámem a stěnou budovy.
2. **Konvekci** – je to pohyb vzduchu kolem skel. Tepelnou izolaci totiž neposkytuje sklo, ale vzduch mezi nimi. Při rozdílu teplot vzduch mezi skly začne proudit, a tím odvádí teplo pryč. Tato ztráta je vyšší, čím dále od sebe skla okna jsou. Ideální vzdálenost mezi skly je 16 mm při požití vzduchu. Pokud je použit jiný plyn (argon, krypton) hodnota bývá nižší.

3. Vedením – plyny jsou obecně velmi špatné vodiče látek. Platí, že čím je plyn těžší, tím nižší je jeho tepelná vodivost. Tepelná vodivost vzduchu je při teplotě 20 °C a tlaku 1 bar jen 0,026 W/mK (pro srovnání pěnový polystyren má 0,040 W/mK, argon má přibližně 0,018 W/mK, krypton 0,010 W/mK a xenon dokonce 0,0055 W/mK). Nejužívanější je plnění mezery mezi skly argonem a kryptonem, xenon se využívá jen výjimečně, protože jeho cena je příliš vysoká.
4. Radiací – všechna zahřátá tělesa vyzařují teplo ve formě dlouhovlnného infračerveného záření (tepelné sálání). Je to hned po konvekci druhá největší tepelná ztráta. Tato ztráta závisí na teplotě a emisivitě povrchu.
5. Tepelnými mosty – okno je vždy tenčí než stěna, proto má teplo v místě usazení rámu do stěny znatelně menší odpor, než je odpor konstrukce. Další tepelný most tvoří dilatační rámeček a vrstva tmelu, což se nachází mezi dvoj či troj skly. Jejich tepelná vodivost je pochopitelně větší než vzduchu, argonu a kryptonu, proto okraj skla tvoří tepelný most. [2]

Jsou dvě možnosti, jak snížit tepelnou ztrátu okny, a to buďto jejich výměna za okna nová nebo v případě dobrého stavu repasovat okna stávající. A to výměnou vnějšího skla za dvoj sklo viz obrázek 2 a vyfrézováním drážky do rámu skla s vložením silikonového těsnění viz obrázek 3. Neméně důležité jsou také rámy oken a jejich osazení. Nesmíme zapomenout ani na vstupní dveře, dveře do suterénu či na terasu, jimiž může také unikat velké množství teplého vzduchu. Opět můžeme dveře buďto vyměnit za nové a kvalitnější, nebo staré dveře repasovat a utěsnit podobným způsobem jako u oken. Vstupní venkovní dveře u pasivních domů mají tak silnou vrstvu izolace, že jejich tloušťka přesahuje i 12 cm. [3]



Obrázek 2 Těsnicí pásky do rámu oken



Obrázek 3 Řez oknem s dvojsklem na vnější straně

Obvodové stěny:

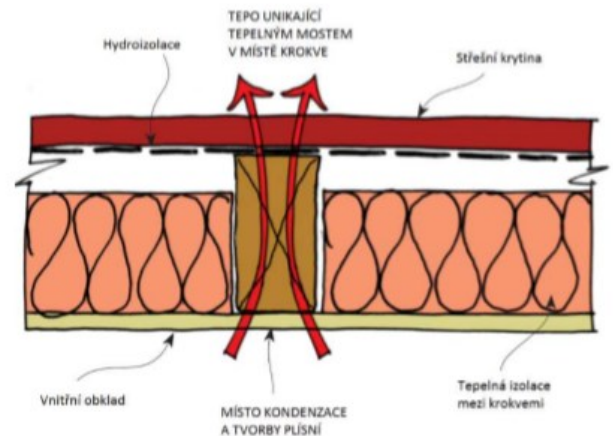
Obvodové stěny zaujímají největší plochu konstrukce budovy, proto jsou tepelné ztráty stěnami velice významné a bez jejich zateplení nemůžeme dosáhnout opravu výrazného snížení tepelných ztrát. Velikost tepelné ztráty touto konstrukcí jsou dány zejména vlastnostmi materiálů, z kterých byly postaveny. Nejhorším materiálem je kámen nebo plná cihla, ovšem paradoxem je, že tyto stěny se poté nejlépe zateplují, protože u dutých cihel a pórobetonových tvárnic se může vyskytnout kondenzace uvnitř stěny a tyto zateplené stěny poté mají dlouhou dobu návratnosti. Zateplením obvodových stěn se bude dále podrobněji věnováno v kapitole Způsoby zateplení obvodových konstrukcí. [3]

Strop a střecha:

Ve valné většině starých domů jsou stropy, které mají mezi trámy prázdný prostor. Tento prostor lze jednoduše zafoukat izolací z celulózových nebo minerálních vláken. Jenže většinou je tento prostor mezi trámy nedostačující (obvykle 15 až 20 cm) a není tak dosažena potřebná vrstva tepelné izolace. Trámy v takto zaizolovaném stropě ovšem působí jako tepelné mosty, které přenášejí významnou část tepla, proto by se měla položit ještě vrstva izolace na podlahu podkroví, pokud je to možné a podkroví není nijak jinak využíváno. [2], [3],

V šedesátých a sedmdesátých letech 20. století se ve velké míře stavěly ploché střechy. Ty byly buďto jednoplášťové, nebo dvouplášťové. Dvouplášťové neboli studené střechy jsou většinou provedeny tak, že mají mezi horním pláštěm a izolační vrstvou střechy odvětrávaný prostor, proto jsou srovnatelné se střechami šikmými. Tyto střechy můžeme zateplit dvěma způsoby, a to odebráním vrchní částí střechy a položením dodatečné izolace do volného prostoru, nebo zafoukáním volného prostoru tepelnou izolací. U této varianty ovšem musíme instalovat parozábranu, aby nedocházelo ke kondenzaci vodních par v konstrukci. Jednoplášťové neboli teplé střechy tuto odvětrávanou mezeru nemají, proto se používá výměna staré izolace za novou a lepší tepelnou izolaci nebo přidání tepelné izolace. Velmi často se ovšem používá systém takzvaných obrácených střech, kde je původní krytina rekonstruována nebo nahrazena novou. Na tuto krytinu se pokládá nenasákavá izolační vrstva, která se dále přikryje vrstvou kamínků. V dnešní době jsou velmi populární zelené střechy, ty mají ovšem velmi vysoké nároky na nosnost, a proto nejsou příliš vhodné pro rekonstrukce starých domů. [2], [3], [4]

Šikmá střecha byla řadu let jedinou možností, jak chránit budovy před velkým množstvím srážek. I u těchto střech máme několik možností, jak tento druh střechy zateplit. Nazývají se podle polohy tepelné izolace vůči krokvím. Nad krokevní systém je systém, kdy je tepelná izolace umístěna mezi a nad krokve. Tento systém je nejúčinnější, protože odpadají tepelné mosty způsobené krokve. Toto řešení se často používá spolu s výměnou střešní krytiny nebo při zachování velikosti podkrovní či viditelných prvků krokví. Druhý systém spočívá v tom, že se izolace umístí mezi a pod krokve. Při tomto systému se nám ovšem zmenší prostor půdy a musíme počítat s tepelnými ztrátami způsobenými tepelnými mosty přes krokve viz obrázek 2. [2], [3], [4]



Obrázek 2: Tepelný most v místě krokve [18]

Podlaha (strop sklepa):

Tepelná ztráta podlahou ať už do nevytápěných prostor (sklepa) nebo do zeminy není až tak velká jako tepelná ztráta stropem či stěnami, přesto je důležité věnovat této ztrátě naši pozornost. Kvalitně zaizolovaná podlaha sníží únik tepla, ale také zvýší povrchovou teplotu podlahy. Pokud je dům podsklepený, můžeme jen jednoduše přilepit tepelnou izolaci na strop sklepa, např. lamely z minerální vaty s povrchovou úpravou, které můžeme vidět na obrázku 3. Tyto desky poté stačí už jen natřít. Zatím co u podlahy na terénu mohou být úpravy daleko složitější. Mnohdy je potřeba podlahy úplně vybourat a terén přizpůsobit tak, aby se do podlahy vešla i dostatečná vrstva izolace. Pokud je ovšem toto nerealizovatelné, tak často přistupujeme k izolaci základů a izolování přibližně metrového pásu okolo budovy, abychom zabránili promrzání zeminy, která je v kontaktu s objektem. [3], [4]



Obrázek 3: Zateplení sklepa lamely z minerální vaty se zpevňující povrchovou úpravou [22]

2.1.3 Technologické úpravy

Mnohá zlepšení energetických úspor jde také dosáhnout v oblasti topení, větrání a elektroinstalace, která doplňují stavební úpravy. Jak už bylo zmíněno stavební opatření se týkají zejména vnější obálky domu, kdežto technologická opatření se zaobírají vnitřním vybavením domu. Technologické úpravy by se měly vždy provádět až po stavebních úpravách domu, protože zateplením se výrazně změní požadavky na topnou a větrací soustavu.

Vytápění:

Kotel je nejlepší vyměnit až po celkovém zateplení budovy a to proto, abychom mohli nový kotel navrhnout podle nově vypočtené spotřeby tepla na vytápění. Nově navržený kotel bude mít totiž menší výkon a tím také menší spotřebu paliva, čímž se nám otevře daleko více možností využití různých druhů kotlů.

Topení dřevem bylo velmi nepohodlné z důvodu častého přikládání a velkých nároků na sklad paliva. V posledních letech se ovšem na trhu objevily normované produkty jako jsou pelety nebo štěpky, které pracují s plně automatickým topením a regulací podle dané potřeby. Dnes už ovšem máme tyto techniky pro všechny druhy dřevěného paliva, které nám zaručují účinné a čisté spalování s minimálními škodlivými látkami. Topení dřevem je z hlediska produkce CO₂ téměř nulové, protože se počítá jen se vznikem CO₂ obsaženém ve dřevě samotném, a to je posléze opět spotřebováno při dalším růstu nového stromu. Stále nám ale zůstává jedna nevýhoda, a to velikost skladovacího prostoru. I když i ten se potřebou menšího výkonu kotle zmenšil, přesto hraje významnou roli při rozhodování, jaké palivo pro vytápění zvolíme. I přesto jsou zejména v rodinných domech často využívány kotle na zplyňování kusového dřeva, automatické kotle na pelety či štěpky nebo krby a krbová kamna, ty se využívají zejména jako doplňkový zdroj tepla. U výše zmíněných kotlů je ve většině případech velmi obtížná regulace jejich výkonu v poměru k jejich účinnosti, proto jsou montovány spolu s akumulací nádržemi, které tento problém elegantně vyřeší. [2], [3]

Zemní plyn je velmi ekologickým palivem, které jde v dnešní době využít s velmi vysokou účinností, zejména u kondenzačních kotlů, které pracují až s 109 % účinností. Jeho velkou výhodou je konstantní a spolehlivá dodávka, díky čemuž nevyžaduje skladovací prostory. U kondenzačních kotlů jsou sice velké investiční náklady, ale k jejich amortizaci dojde během několika let. Kondenzační kotle se pohybují v rozmezí jmenovitého výkonu 15 kW až 500 kW. Jejich tepelný výkon jde ovšem modulačně snížit až na 20 % jmenovitého výkonu. Pro jejich nízké požadavky na komín (teplota spalin cca 60 °C) lze tyto kotle, do jmenovitého výkonu 50 kW, umístit téměř kdekoli v domě. [2], [3]

Vytápění elektrickými přímotopy v dnešní době téměř nepřípadají v úvahu, je to způsob vytápění s nejvyššími provozními náklady. I přesto se jedná o nejeftivnější způsob vytápění, díky jeho velice přesné regulaci. Vyplatit se může jen u nízkoenergetických či pasivních novostaveb, pro jejich nízké pořizovací náklady na otopnou soustavu. Tento zdroj vytápění je však velmi nešetrný k životnímu prostředí.

Situace se však mění při použití elektrické energie k pohonu tepelného čerpadla, kdy tepelné čerpadlo produkuje více tepla, než spotřebuje elektrické energie. Tepelná čerpadla čerpají teplo z okolního prostředí, kterým může být země, voda či vzduch. Řadí se mezi nízko potencionální topné systémy, kdy nám většinou do podlahového topení proudí voda o teplotě max. 45 °C. Tento zdroj vytápění je často používán s ústřední přípravou teplé vody v solárních kolektorech. Solární kolektory pracují stejně jako tepelná čerpadla s teplotou vody do 50 °C, proto je jejich užití velmi výhodné s podlahovým topením. Nedílnou součástí tohoto solárního systému je opět akumulční nádrž. [2], [3]

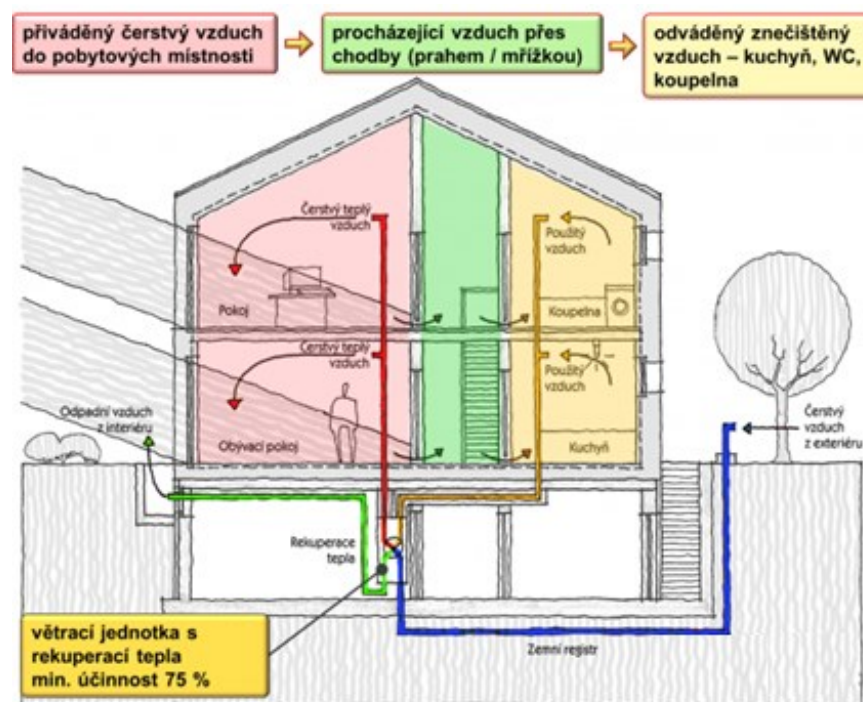
Větrání:

Nutnosti větrání místností domu se nikdy nezbavíme, do místností musíme neustále přivádět nový čerstvý vzduch a odvádět ten starý spolu s vlhkostí. Proto se ztráta větráním významně podílí na tepelných ztrátách budovy. U rekonstruovaných, nízkoenergetických a pasivních domů zaujímá tato ztráta největší procento z tepelných ztrát budovy, proto je snižování ztrát větráním přikládán stále větší význam.

Většina staveb, zejména rodinných domů je větrána přirozeně, netěsnostmi v plášti budovy a okny. Správně zateplené domy jsou už závislé jen na nárazovém nebo kontinuálním větrání pomocí oken. Ty však musí obyvatelé domu sami otevírat a tento způsob funguje dobře jen při velké disciplinovanosti obyvatel domu, proto se stále více využívá systém nucené ventilace vzduchu.

Nejjednodušším systémem, jak odvádět odpadní vzduch z budovy, je instalace ventilátoru a vzduchových propustí na odpadní vzduch. Tímto systémem si zajistíme konstantní a většinou i nastavitelný průtok vzduchu. Tyto otvory ovšem představují narušení obálky domu, proto se dnes spíše používá systém nuceného větrání s rekuperací vzduchu. [2], [5]

Rekuperační jednotka nám slouží k získávání tepla z odpadního vzduchu pomocí výměníku tepla. V rekuperační jednotce předává odpadní vzduch svou tepelnou energii čerstvému vzduchu, který je do objektu přiváděn. Rekuperace tepla se dělí na dva systémy, centrální a lokální. Centrální systém je využíván převážně v novostavbách nebo v budovách, které procházejí velkou rekonstrukcí. Je totiž nezbytné, aby rozvody vzduchotechnického potrubí byly po celém domě. Tento systém vyžaduje i svou vlastní strojovnu, která se umísťuje díky její hlučnosti do sklepa nebo podkroví domu. Systém může být také rozšířen o zemní kolektor, kde je venkovní vzduch nasáván potrubím nacházejícím se v zemi a v zimních měsících je tak předehříván. Naopak v letních měsících je vzduch ochlazován a poté pokračuje dále do rekuperační jednotky. Zato lokální rekuperační jednotky můžeme instalovat bez nutnosti vzduchotechnických rozvodu, protože se umísťují do obvodového pláště budovy v jednotlivých místnostech. Celý systém můžeme vidět na obrázku 4. [3], [5]



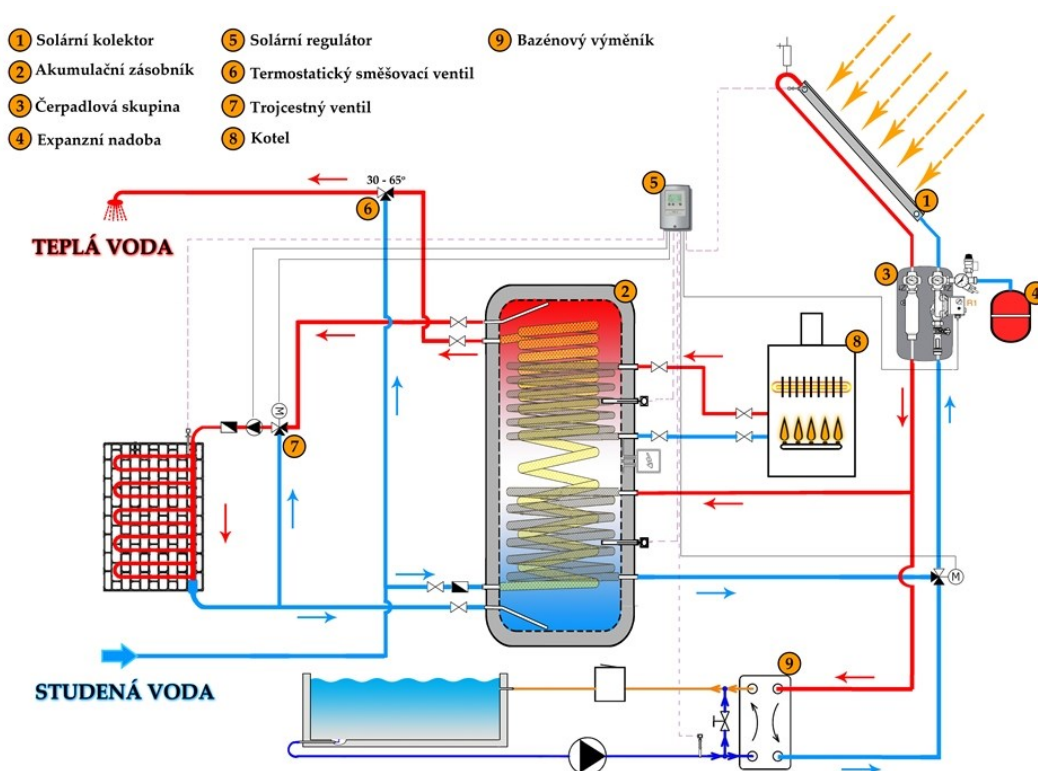
Obrázek 4: Schéma domu s rekuperačním větráním a zemním výměníkem [20]

Příprava teplé vody:

Ohřev vody v domácnosti spotřebuje přibližně 20 % energie, kterou je nutno domácnosti dodat. Spotřebu této energie můžeme značně regulovat i pouhými uživatelskými opatřeními popsány v předešlých kapitolách, ale také můžeme snížit náklady na ohřev vody pomocí vhodně zvoleného systému na vytápění a ohřev této vody.

Máme mnoho systémů, které můžeme na ohřev vody použít. Pokud je spotřeba teplé vody nízká a v budově je malý počet odběrových míst, která jsou od sebe vzdálená, je vhodné využít decentralizační systém s elektrickými průtokovými ohřivači a bojlerů. Je-li potřeba většího objemu tepla, můžeme použít kombinaci solárního ohřevu nebo tepelného čerpadla spolu s elektrickým ohřevem. Ten můžeme nahradit i plynovým ohřivačem, pokud máme přípojku plynu. Varianta, které nejméně zatěžuje životní prostředí, je spojení tepelného solárního zařízení spolu s kotlem na dřevo nebo pelety. Pokud je budova vytápěna plynovým kondenzačním kotlem, tak můžeme tento kotel doplnit o zásobník a připravovat tak i teplou vodu. [3]

Kvalitním solárním systémem na ohřev teplé vody můžeme pokrýt až tři čtvrtiny roční spotřeby teplé vody. Tento systém funguje tak, že ve slunečním kolektoru (deskovém nebo trubcovém) slunce ohřívá nemrznoucí kapalinu, ta pokračuje pomocí oběhového čerpadla přes topnou spirálu, která v bojleru ohřívá vodu. Tento zásobník (bojler) musí mít větší objem, zpravidla 300 až 400 l a je vybaven druhou topnou spirálou od druhého zdroje tepla, aby při delší absenci slunečního svitu nenastaly situace, kdy by nám teplá voda chyběla. Jak už bylo zmíněno, tento solární systém může být dále použit k vytápění v jarních a podzimních měsících nebo jím může být využit v letních měsících pro příhřev vody v bazénu viz obrázek 5. Solární systém na ohřev teplé vody má ovšem jednu velkou nevýhodu, a to velmi vysoké investiční



Obrázek 5: Schéma solárního systému na ohřev vody [19]

náklady, proto je tento systém podporován datačním programem Zelená úsporám, který nám tyto investiční náklady pomůže snížit. V případě, kdy by zde tento dotační program nebyl, byla by návratnost investice velmi dlouhá a instalace tohoto systému nevýhodná. [3]

2.2 Dotace

Dotace nám mohou výrazně pomoci se snížením investičních nákladů na energeticky úsporná opatření. V Evropské směrnici 2012/27/EU o energetické účinnosti je uvedena strategie 20-20-20, tato strategie má za úkol snížit emise skleníkových plynů o 20 % od roku 1990, zvýšit podíl obnovitelných zdrojů energie v energetice o 20 % a snížit konečnou spotřebu energie taktéž o 20 %. K dosažení těchto cílů se zavázaly všechny členské státy Evropské unie. Česká republika na toto zareagovala 3. národním akčním plánem energetické účinnosti (NAPEE III), který obsahuje seznam alternativních politických opatření, která mají pomoci ke splnění cílů výše uvedené směrnice. Domácností se týkají dotační programy jako „Nová zelená úsporám“ (NZÚ 2014-2020), stejně jako předešle programy „Nová zelená úsporám“ (2013) a „Zelená úsporám“ (2009-2012). Program Nová zelená úsporám si od roku 2009 prošel mnoha úpravami. Jenda z nejzásadnějších změn oproti předchozím programům je změna o dlouhodobější kontinuální výzvu a finanční prostředky přibližně 27 miliard Kč budou poskytovány až do roku 2021. [6]

O dotaci v rámci 3. výzvy pro rodinné domy mohou žádat o podporu vlastníci, popřípadě spoluvlastníci rodinných domů nebo stavebníci rodinných domů (v případě podpory novostaveb). Žádost můžeme podat před zahájením realizace nebo taky v jejím průběhu, ale i po jejím ukončení. Podpora je následně vyplacena až po dokončení energetických opatření a prokázání splnění všech podmínek pro udělení dotace. Výše dotace činí maximálně 50 % způsobilých výdajů. [7]

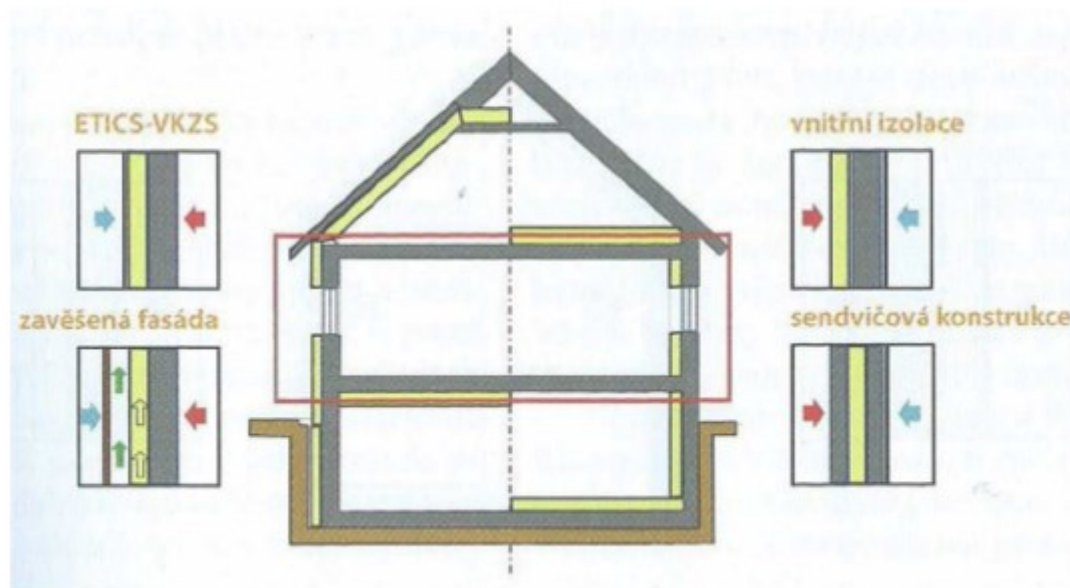
V rámci podpory pro rodinné domy jsou definovány tři oblasti (A, B, C):

- A. Snížování energetické náročnosti stávajících rodinných domů
- B. Výstavba rodinných domů s velmi nízkou energetickou náročností
- C. Efektivní využití zdrojů energie

Jejich detailnější specifikace a možnosti výše získané podpory je uvedena v závazných pravidlech NZÚ ve 3. výzvě pro rodinné domy dostupného na [8]. Oblasti, které se týkají v této bakalářské práci řešeného rodinného domu, jsou oblast A a C.

3 Způsoby zateplení obvodových konstrukcí

Způsobů zateplení obvodových stěn je mnoho, stejně jako materiálů, která se na toto zateplení dají použít. Máme ale čtyři základní druhy způsobu zateplení, nejpoužívanější je vnější kontaktní zateplovací systém (ETICS), dále provětrávanou neboli závěsnou fasádu, vnitřní izolaci a sendvičovou konstrukci viz obrázek 6.



Obrázek 6: Způsoby zateplení fasády [21]

3.1 Vnitřní izolace

Vnitřní izolace je většinou levnější než vnější. Je ovšem spojena s většími stavebně fyzikálními změnami a větším počtem detailních problémů než jiná tepelně izolační opatření. Odborníci před vnitřní izolací spíše varují, jsou ale objekty (historické a památkové budovy), kde je vnitřní izolace jediným možným řešením z důvodu zanechání původní fasády budovy, a tudíž není jiná možnost než objekt zateplit zevnitř. [3]

Jelikož je původní vnitřní povrch konstrukce pod tepelnou izolací výrazně chladnější, než byl a často teplota tohoto povrchu klesne pod teplotu rosného bodu vnitřního vzduchu a na rozdíl od vnější izolace je odvádění vlhkosti směrem ven zabráněno, musí být zpravidla pronikání vlhkosti do stěn omezeno parozábranou. Ta také zabrání kondenzaci vodní páry na dnech krabic elektrických rozvodů, pokud jsou tyto krabice ponechány v tloušťce nového zateplení. Při vnitřní izolaci vnějších stěn je izolační vrstva přerušena v místech navazujících na vnitřní konstrukci, a to stěny či stropy. V těchto místech tvoří tyto konstrukce neodstranitelné tepelné mosty, jejichž

řákový podíl je tím větší, čím je lepší tepelná izolace. Do těchto tepelných mostů se poté soustřeďují úniky tepla a často se zde může vyskytnout tvorba plísní, které způsobují zmíněný nárůst kondenzace vodní páry. Také je snížena tepelná akumulace obvodové konstrukce, jejímž následkem je prodlužování topné sezóny. Abychom tyto tepelné mosty co možná nejvíce zmenšili (zcela odstranit je většinou nejde), měli bychom stropy a stěny navazující na vnitřní izolaci venkovní konstrukce taktéž opatřit tepelně izolačním materiálem pomocí pruhů či klínu o šířce asi 50 cm. Vznikne nám tak osazení v rozích místnosti, které nám tyto tepelné mosty pomůže snížit. Nevýhodami použití vnitřní izolace je, že se nám sníží plocha obytných místností a zvyšují se teplotně dilatační pohyby původní venkovní konstrukce, čímž dochází ke zkrácení životnosti vnějších povrchových úprav fasády. Použitím vnitřního zateplení tedy zmenšíme jen tepelný únik energie vnějšími stěnami, který se oproti původní konstrukce změní. Ostatní detailní problémy spíše narůstají a jejich odstranění nebo minimalizace, je spojena s velkými finančními náklady. Vnitřní izolace má ovšem i několik výhod. Každá místnost může být upravena dle svých vlastních požadavků. Jde ji také provádět nezávisle na počasí či ročním období a nevyžaduje výstavbu lešení, díky čemuž můžeme ušetřit část finančních nákladů. [2], [3], [4]

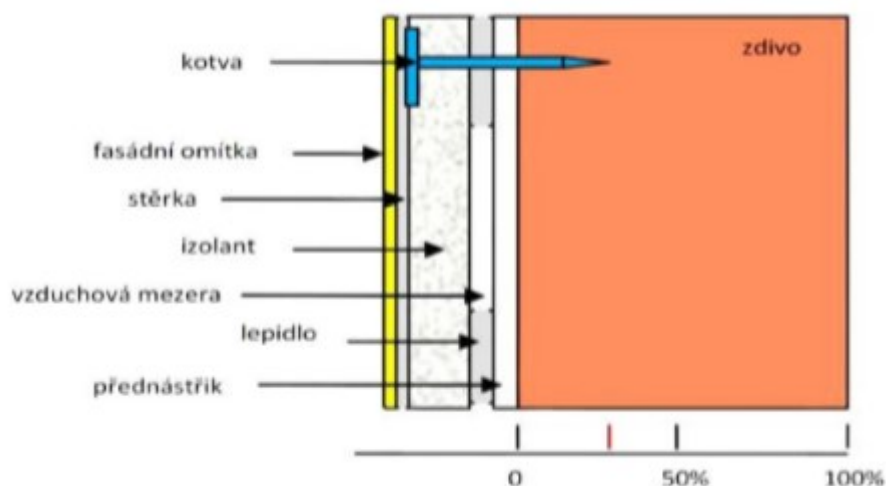
3.2 Vnější izolace

Tento způsob izolace je z hlediska stavebně-fyzikálního nejméně problematické řešení, protože u tohoto způsobu je nejmenší pravděpodobnost, že bude docházet ke kondenzaci vlhkosti na vnitřním povrchu konstrukce. Tvoří totiž souvislou tepelnou obálku ochrany stavby bez výraznějších tepelných mostů, které jsou tímto způsobem zateplení téměř eliminovány. Také dojde ke snížení teplotních dilatací v obvodových konstrukcích, což vede k vnitřnímu ustálení konstrukce. Vnější izolací také zvýšíme životnost konstrukce díky ochraně před venkovními povětrnostními podmínkami. V neposlední řadě nám vnější zateplení přinese i možnost nového vzhledového řešení budovy, kde si můžeme zvolit různé kombinace materiálů nebo povrchové úpravy fasády, které mohou být různých barev. [2]

3.2.1 Kontaktní zateplovací systémem (ETICS)

V dnešní době je kontaktní zateplovací systém nejčastěji používaným systémem pro zateplování budov a lze jej použít téměř ve všech případech. Pro tento systém se využívá zkratka ETICS, to znamená external thermal insulation composite systems. Tloušťka izolační vrstvy může dosahovat různých rozměrů, může být ovšem často limitována přesahem střechy nebo prostorovými a estetickými důvody. Často se tedy

při zateplení obvodových stěn provádí i rekonstrukce střechy, u níž se přesah střechy prodlouží a umožní nám tak použít větší tloušťku izolace. Kontaktní zateplovací systém spočívá v nalepení tepelně izolačních desek z různých materiálů na zateplovanou konstrukci budovy. Tato konstrukce musí být před lepením suchá, pevná a čistá, aby lepidlo izolační desky správně přichytilo. To musí být nanесeno minimálně na 40 % plochy tepelně izolační desky. Desky jsou dále ukotveny pomocí mrazuvzdorných zatlukacích hmoždinek, které se poté ještě opatří tepelně izolačními špunty, aby se omezily tepelné mosty vzniklé těmito hmoždinkami. Po osazení všemi lištami (dilatačními, nárožními, okapovými, rohovými atd. ...) na desku se nanese penetrační nátěr, který se pokryje finální fasádní omítkou. Dnes nejčastěji používané materiály na izolaci obvodových stěn pomocí kontaktního systému jsou pěnový polystyrén a desky z minerální vlny. Na povrchové fasádní omítky se používají buďto silikonové, které jsou nejkvalitnější, nebo akrylátové či minerální (silikátové). Tyto povrchové omítky jsou u systému ETICS obvykle velmi slabé, kde tloušťka lepidla je asi 6 mm a omítka má pak tloušťku 1 až 4 mm. Účinnost kontaktního zateplovacího systému je velmi ovlivněn kvalitou použitých materiálů a dodržením správného postupu a technologie při jeho instalaci (tvar spár, jejich velikost, zesilování armovací výztuže, počet hmoždinek apod.). [3], [4], [5]



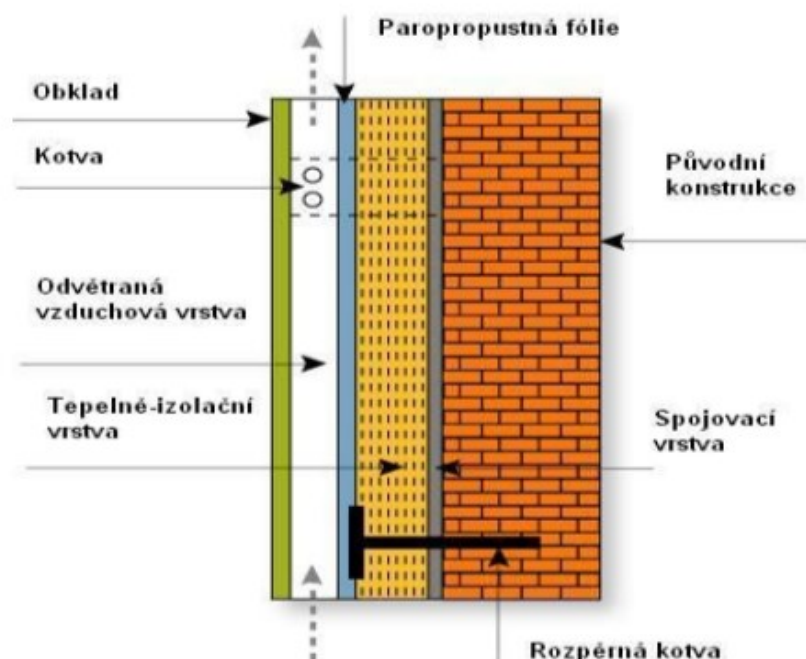
Obrázek 7 Schéma kontaktního zateplovacího systému [18]

K přednostem tohoto systému patří jeho efektivita, nižší cena, maximální využitelnost izolačního materiálu a menší tloušťka při stejných tepelně izolačních vlastnostech jako při použití systému s odvětrávanou fasádou. Tento systém je velice jednoduchý a téměř bez tepelných mostů. [3], [4], [5]

Kontaktní izolace mají jednu nevýhodu, tento systém není vhodný pro zateplení vlhkých provozů, protože je poměrně difuzně uzavřený, tudíž je málo propustný pro vodní páru, a to i v případě, že je použita vysoce prodyšná minerální vata, jejíž vlastnosti ovšem znatelně omezují použité lepicí a stěrkové tmely spolu s omítkou a fasádními nátěry. [3], [4], [5]

3.2.2 Provětrávaná (závěsná) fasáda

Tento systém zateplení je většinou dražší a používá se tam, kde je fasáda obkládána různými deskovými materiály (dřevo, kámen, sklo, plast apod.) u vlhkých provozů nebo, tam kde jsou problémy s vlhkými obvodovými stěnami. Princip tohoto systému spočívá v tom, že se tepelná izolace, která má malý difuzní odpor, přichytí stejně jako u kontaktního systému na obvodové zdivo konstrukce, avšak pomocí kotev (kovových nebo dřevěných) či jiných pomůcek je tvořena vzduchová mezera mezi tepelnou izolací a povrchovou úpravou (obkladem), která chrání tepelnou izolaci před venkovními vlivy a povětrnostními podmínkami. Tato vzduchová mezera o minimální tloušťce 40 mm je otevřena do exteriéru (nahore a dole) a slouží jako odvod difuzní vodní páry. Tloušťka této vzduchové mezery se řídí podle výšky budovy a velikosti větracích otvorů. Ty umožňují odvod zmíněné difuzní vodní páry do exteriéru a jsou chráněny mřížkou před různými škůdci, kteří by do této vzduchové mezery mohli vniknout. [2], [3], [4], [5]

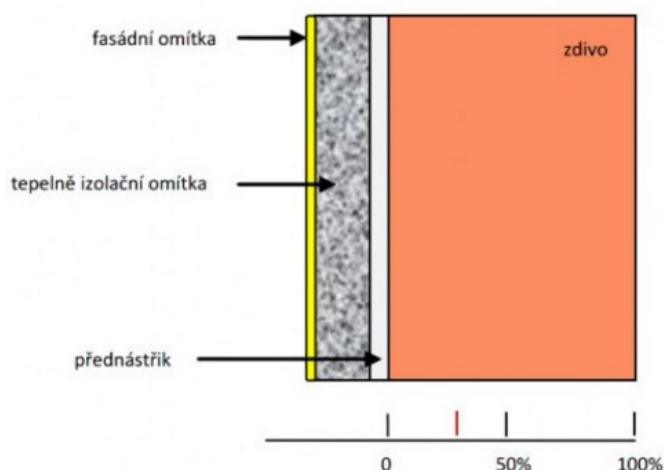


Obrázek 8 Schéma provětrávané fasády [18]

Velká výhoda tohoto systému a hlavní důvod jeho instalace je v tom, že vodní pára, která prostupuje z interiéru do exteriéru, má po prostupu přes nosnou konstrukci a tepelnou izolaci (buničinu, kamennou vlnu, rouno z ovčí vlny, desky ze lnu, konopí atd.) snadnou cestu úniku pomocí vzduchové mezery. Nevýhodami tohoto systému je již zmíněná vyšší cena, nevyvážená životnost použitých prvků, náročnější údržba, vznik tepelných mostů pomocí kotev držících vnější plášť nebo velká tloušťka konstrukce. Často se nám při použití tohoto systému izolace změní celkový vzhled stavby. [2], [3], [4],

3.2.3 Tepelně izolační omítky

Tepelně izolační omítky patří mezi moderní způsoby zateplení. Tvoří mezistupeň mezi běžnými lehčenými omítkami a zateplovacími systémy. Fungují na speciální omítkové hmotě, která je obohacena různými izolačními materiály, především perlitem nebo kuličkami pěnového polystyrénu. Aplikuje se na vnější stěnu ve vrstvě 20-60 mm. Tvoří tak tepelný plášť bez výraznějších tepelných mostů. Výhodami tohoto druhu zateplení je ponechání vzhledu budovy, tvárnost a dobré protipožární účinky. Nevýhodou jsou vysoké pořizovací náklady, které jsou shodné nebo dokonce vyšší než zateplení pěnovým polystyrenem, který má dvakrát lepší tepelně izolační vlastnosti při stejné tloušťce. [9], [10]



Obrázek 9 Schéma tepelně izolační omítky [18]

3.3 Sendvičová konstrukce

Kabřincové fasády se vzduchovou mezerou, které byly prováděny do začátku 70. let a stavby od roku 1930–1950, byly také často zděny jako dvouplášťové se vzduchovou mezerou, lze je jednoduše zateplit pomocí vyplnění této vzduchové mezery izolačním materiálem. Nevýhodou tohoto systému je, že tloušťka tepelně izolační vrstvy je tak velká, jak velká je tloušťka vzduchové mezery, jenže tloušťka vzduchové mezery je ve většině případech nedostačující. Rizikem tohoto zateplení je sesedání izolačního materiálu nebo jeho únik mechanickým poškozením konstrukce. Princip zateplení spočívá v navrtání otvorů do obvodového pláště, pomocí kterých se

izolační materiál nafouká dovnitř. Tento systém má smysl jen tehdy, je-li stávající konstrukce neporušena. Příklad izolačních materiálů je uveden v tabulce 1. Výhodami tohoto systému je nízká cenová dostupnost a široký výběr izolačních materiálů. [2], [4]

Izolace dutého prostoru							
Materiál	λ [W/mK]	Třída hořlavosti	Sypná hmotnost [kg/m³]	Dosažitelná hodnota U [W/m²K]			
				4 cm	6 cm	8 cm	10 cm
Perli-Fill F	0,040	A1	45-60	0,58	0,45	0,37	0,31
Hyperlite	0,050	A1	90	0,66	0,52	0,43	0,37
Rigibead	0,035	B2	18	0,54	0,41	0,33	0,28
Rockwool	0,040	A1	80-100	0,58	0,45	0,37	0,31
Silikátová pěna	0,035/ 0,040	A1	20	0,54/ 0,58	0,41/ 0,45	0,33/ 0,37	0,28/ 0,31

Tabulka 1: Izolační materiály sendvičové konstrukce [2]

4 Srovnání nejpoužívanějších druhů izolačních materiálů

Izolační materiály jsou bezpochyby nejdůležitějším konstrukčním prvkem u zateplování budov. Není však pravidlem, že ten nejdražší musí být ten nejlepší. Hodnoty, které nás u tepelně izolačních materiálů nejvíce zajímají, jsou jejich tepelná vodivost a nasákavost, které by měly být co nejnižší.

4.1 Pěnový polystyren (PPS, EPS)

Jde o nejdostupnější a v minulosti nevíce používanou tepelnou izolaci. Ještě nedávno byl používán standartní typ bez zhášedla (stupeň hořlavosti C3), který je používán v obalové technice. Ten ovšem nahradil samozhášivý typ (stupeň hořlavosti C1), který se pohybuje ve stejné cenové kategorii. Pěnový polystyren (Obrázek č. XX) má nízkou tepelnou vodivost pohybující se okolo 0,038-0,043 W/mK. Ta je dána díky buněčné struktuře, která se skládá z mnoha uzavřených polystyrenových buněk, které mají tvar mnohostěnu a obsahují velké množství vzduchu, který má velmi nízkou tepelnou vodivost. Pěnový polystyren zamezuje růstu mikroorganismů, nehnije, neplesniví a netrouchniví. Také má velmi nízkou nasákavost. Hmotnost pěnového polystyrenu EPS je také velmi nízká, což nám usnadňuje manipulaci a snižuje zatížení konstrukce. Značka EPS 100 znamená pevnost v tlaku v kPa. Pěnový polystyren EPS

se vyrábí v hodnotách 50 až 250 kPa. Způsob kotvení pěnového polystyrenu na obvodové zdivo je buďto pouze lepením, nebo lepením a mechanickým způsobem, kdy jsou použity hmoždinky. Výhodné je použití více vrstev kladených na vazbu pro co největší eliminaci liniových tepelných mostů na styku s konstrukcí. Výhodami pěnového polystyrenu jsou tedy například nízká hmotnost a cena, snadná opracovatelnost a univerzálnost. [11], [12], [13], [14]

4.1.1 Šedý polystyren

Šedé izolační desky pěnového polystyrenu se zvýšeným izolačním účinkem se na našem trhu a stavbách objevily už v roce 2005. Tepelná vodivost šedého polystyrenu se pohybuje od 0,031 – 0,033 W/mK. Technologie jeho výroby je přitom téměř totožná jako u výroby klasického bílého polystyrenu, stačí jen mírně upravit nastavení výrobních zařízení. Technologie jeho aplikace na obvodové zdivo i řada jeho vlastností se však od bílého pěnového polystyrenu liší. Šedý polystyren musí být při aplikaci na obvodové zdivo stíněn, aby nedocházelo k jeho teplotní roztažnosti, která se oproti bílému polystyrenu výrazně liší, a to díky šedému povrchu, který pohlcuje více slunečního svitu. Pokud nebude tato podmínka splněna, vzniknou nám mezi jednotlivými deskami významné spáry, které tvoří tepelné mosty. S tím je spojena i další vlastnost, při které se šedý polystyren chová jinak než bílý, a to vysoká teplota. Desky z šedého polystyrenu se nesmějí skladovat na přímém slunci a vystavovat tak dlouhodobému teplotnímu zatížení nad 70 °C, proto je nevhodné materiál skladovat pod průhlednou folií, kde vlivem skleníkového efektu velmi vysoké teploty vznikají. K tomuto poškození docházelo například přímo na stavbách v okolí oken, kde se slunce od skleněných ploch odráželo a zvyšovalo tak teplotní namáhání šedých izolačních desek viz obrázek. [13], [15]



Obrázek 10 Ukázka zateplení šedým polystyrenem [15]



Obrázek 11 Deformace šedého polystyrenu [15]

4.2 Extrudovaný polystyren (XPS)

Extrudovaný polystyren označován také jako XPS se používá také ve formě tepelně izolačních desek. Jedná se o tepelnou izolaci, která je velmi odolná vůči tlaku až 500 kPa a disponuje prakticky nulovou nasákavostí, navíc je mnohonásobně odolnější než obyčejný bílý pěnový polystyren proti mechanickému poškození. Pro tyto jeho vlastnosti se extrudovaný polystyren využívá hlavně k izolaci spodních staveb domu, jako jsou sokly a základy. Zejména při izolaci sklepů, kde dochází ke kontaktu se zeminou a vodou, kterému tyto izolační desky velmi dobře odolávají. Jeho výroba se však oproti obyčejnému pěnovému polystyrenu významně liší. Vyrábí se sice ze stejné suroviny, avšak naprosto odlišným způsobem, který má právě vliv na ošidné vlastnosti extrudovaného polystyrenu. Další jeho použití je ve skladbě střech s obráceným pořadím nebo v podlahách. Často je vyráběn s polodrážkou nebo hranou, což minimalizuje tepelné mosty v místě napojení desek. [12], [13]

4.3 Desky z minerálního vlákna

Vyrábí se roztavením horniny, jako jsou čedič, vápenec, siderit nebo dolomit. Z čehož nejčastějším druhem horniny je čedič, ke kterému se dále přidává recyklát skla. Vytvořený granulát směsi čediče, vysokopecní strusky, koksu a skelného recyklátu se semele a následně vzniká tavenina. Výsledkem je vytvoření minerálního vlákna o průměru cca 3 mikrometry. Vlákně se poté pojí různými pojidly (fenol formaldehyd, rezolový olej) a je do něj vstřikován hydrofobizační olej spolu s protiplísňovými přísadami apod. Hydrofobizace je prováděna, aby bylo dosaženo odpuzování vody, kapky sklouzávaly po vláknech a vlhkost odcházela rychle ven. Vlákně je po vytvrzení a zchlazení nařezáno na potřebné délky. Tepelná vodivost minerálních vln se pohybuje od 0,033-0,046 W/mK. Patří do třídy nehořlavých materiálů (třída A), kde kamenná vlna má bod tání 950 °C a skelná vlna 450 °C. Kamenné vlny mají velké množství vzduchových mezer a díky těm má tato vlna vysokou paropropustnost neboli nízký difuzní odpor. Díky čemuž se může případná zkondenzovaná vlhkost v obvodové zdi odpařovat do exteriéru, což snižuje pravděpodobnost výskytu plísní. Využívá se pro izolaci široké škály objektů, často je využívána v difuzně otevřených konstrukcích nebo u dvouplášťových střech. K obvodovým stěnám se upevňují lepením, pomocí hmoždinek nebo vkládáním do rámu. [13], [16]

5 Tepelná bilance rodinného domu

Následující kapitola je věnována popisu a výpočtu tepelných ztrát rodinného domu. Při výpočtu tepelných ztrát rodinného domu bylo vycházeno z normy dle ČSN EN 12831, výpočet průměrného součinitele prostupu tepla obálkou podle ČSN 730540 a výpočet měrné potřeby tepla na vytápění podle STN 730540.

5.1 Popis stávajícího stavu rodinného domu

Stavba se nachází v zastavěném území obce Ropice ve Frýdecko-Místeckém kraji nedaleko města Třince. Stavba je užívána celoročně od roku 1962. Stávající zastavěná plocha je 100,7 m². Obsahuje dvě bytové jednotky s obytným podkrovím. Trvale zde žije sedm osob, pět dospělých a dvě děti.

Stavba byla postavena v šedesátých letech minulého století. Rodinný dům má jednoduchý obdélníkový půdorys o rozměrech 9,5 x 10,6 m. Stavba je členěna na sklep, který je pod celou plochou budovy, 1. přízemní podlaží a 2. nadzemní podlaží spolu s obytným podkrovím. Zastřešení je řešeno sedlovou konstrukcí krovů. Výška hřebene je přibližně 10 m nad terénem. Vedle rodinného domu (ve vzdálenosti do 6 m) je umístěna hospodářská budova, která je doplňkovou stavbou rodinného domu. Ostatní, sousední stavby jsou vzdáleny více jak 60 m od řešeného objektu. V průběhu užívání byly provedeny stavební úpravy, které byly vyvolány požadavkem na rozšíření obytné plochy rodinného domu, a to úpravou dispozice místností v 2. nadzemním patře a rekonstrukcí podkroví.

Stavba je postavena z materiálů dostupných v době realizace. Svislé nosné obvodové stěny jsou z keramických plných pálených cihel a příčky z keramických příčkových. Podlaha nad suterénem je z betonových stropních desek, které jsou vloženy mezi ocelové nosníky a z násypu strusky s dřevěnou podlahou. Ostatní stropní konstrukce jsou dřevěné (trámové). Konstrukce krovu je sedlová, z dřevěných trámů. Okna jsou plastová a byla vyměněna už před pěti lety. Spolu s výstavbou obytného podkroví byla zateplena i střecha pomocí vložení minerální vlny o tloušťce 120 mm mezi krokve.

5.2 Postup výpočtu tepelných ztrát

Tepelná ztráta prostupem (1)

$$Q_P = (q_{vz} + q_{ze} + q_{nm} + q_{om}) \cdot (t_i - t_e) \quad [W]$$

q_{vz} koeficient tepelné ztráty ve styku s vnějším vzduchem $[W/K]$

q_{ze} koeficient tepelné ztráty ve styku se zeminou $[W/K]$

q_{nm} koeficient tepelné ztráty ve styku s nevytápěnými místnostmi $[W/K]$

q_{om} koeficient tepelné ztráty ve styku s rozdílně vytápěnými místnostmi $[W/K]$

$$q_{vz} = \sum S \cdot (U + \Delta U) \cdot e \quad [W/K]$$

S plocha konstrukce $[m^2]$

U součinitel prostupu tepla $[W/m^2K]$

ΔU korekční činitel tepelných mostů $[W/m^2K]$

e korekční faktor vystavení povětrnostním vlivům $[-]$

$e = 1$ pro neprůsvitné konstrukce

$e = 1,15$ pro průsvitné konstrukce

$$q_{ze} = \sum S \cdot U \cdot G_w \cdot t_{f1} \cdot t_{f2} \quad [W/K]$$

U součinitel prostupu tepla $[W/(m^2K)]$

S plocha konstrukce $[m^2]$

G_w faktor spodní vody $[-]$

t_{f1} teplotní faktor kolísání venkovní teploty $[-]$

t_{f2} teplotní faktor venkovní průměrné roční teploty $[-]$

$$t_{f2} = \frac{t_i - t_{e,r}}{t_i - t_e} \quad [-]$$

t_i vnitřní výpočtová teplota $[^{\circ}\text{C}]$

t_e venkovní výpočtová teplota $[^{\circ}\text{C}]$

$t_{e,r}$ venkovní roční průměrná teplota $[^{\circ}\text{C}]$

$$q_{nm} = \sum S \cdot (U + \Delta U) \cdot t_{f3} \quad [\text{W/K}]$$

S plocha konstrukce $[\text{m}^2]$

U součinitel prostupu tepla $[\text{W}/(\text{m}^2\text{K})]$

ΔU korekční činitel tepelných mostů $[\text{W}/(\text{m}^2\text{K})]$

t_{f3} teplotní faktor nevytápěných místností $[-]$

$$t_{f3} = \frac{t_i - t_{nm}}{t_i - t_e} \quad [-]$$

t_i vnitřní výpočtová teplota $[^{\circ}\text{C}]$

t_e venkovní výpočtová teplota $[^{\circ}\text{C}]$

t_{nm} teplota nevytápěné místnosti $[^{\circ}\text{C}]$

$$q_{om} = \sum S \cdot U \cdot t_{f4} \quad [\text{W/K}]$$

S plocha konstrukce $[\text{m}^2]$

U součinitel prostupu tepla $[\text{W}/(\text{m}^2\text{K})]$

t_{f4} teplotní faktor rozdílně vytápěných místností $[-]$

$$t_{f4} = \frac{t_i - t_{om}}{t_i - t_e} \quad [-]$$

t_i vnitřní výpočtová teplota $[^{\circ}\text{C}]$

t_e venkovní výpočtová teplota $[^{\circ}\text{C}]$

t_{om} teplota v rozdílně vytápěné místnosti $[^{\circ}\text{C}]$

Tepelná ztráta větráním (2)

$$Q_V = q_v \cdot (t_i - t_e) \quad [\text{W}]$$

$$q_v \quad \text{koeficient tepelné ztráty větráním} \quad [\text{W/K}]$$

$$t_i \quad \text{vnitřní výpočtová teplota} \quad [^{\circ}\text{C}]$$

$$t_e \quad \text{venkovní výpočtová teplota} \quad [^{\circ}\text{C}]$$

Koeficient tepelné ztráty větráním (3)

$$q_v = 0,34 \cdot \dot{V} \quad [-]$$

Proud větracího vzduchu (4)

$$\dot{V} = \max(\dot{V}_{\text{inf}}, \dot{V}_{\text{min}}) \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

$$\dot{V}_{\text{inf}} \quad \text{proud způsobený infiltrací} \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

$$\dot{V}_{\text{min}} \quad \text{minimální proud vzduchu} \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

Větrací proud způsobený infiltrací (5)

$$\dot{V}_{\text{inf}} = 2 \cdot V_m \cdot n_{50} \cdot e_1 \cdot \gamma \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

$$V_m \quad \text{objem vzduchu v místnosti} \quad [\text{m}^3]$$

$$n_{50} \quad \text{množství výměny vzduchu konstrukcemi budovy při tlakovém rozdílu} \\ 50 \text{ Pa} \quad [1/\text{h}]$$

$$e_1 \quad \text{stínící koeficient} \quad [-]$$

$$\gamma \quad \text{výškový faktor} \quad [-]$$

Větrací minimální proud v místnosti (6)

$$\dot{V}_{\text{min}} = n_{\text{min}} \cdot V_m \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

$$V_m \quad \text{objem vzduchu v místnosti} \quad [\text{m}^3]$$

$$n_{\text{min}} \quad \text{minimální intenzita výměny vzduchu v místnosti} \quad [\text{h}^{-1}]$$

Nucené větrání (7)

$$\dot{V} = \dot{V}_{\text{inf}} + \dot{V}_{\text{p,vz}} \cdot t_{f5} + \dot{V}_{\text{mech}} \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

$$\dot{V}_{\text{inf}} \quad \text{proud způsobený infiltrací vzduchu} \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

$$\dot{V}_{\text{p,vz}} \quad \text{proud přiváděného vzduchu} \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

$$\dot{V}_{\text{mech}} \quad \text{proud přisávaného vzduchu konstrukcemi budovy} \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

$$t_{f5} \quad \text{teplotní faktor přisávaného vzduchu} \quad [-]$$

$$t_{f5} = \frac{t - t_{\text{p,vz}}}{t_i - t_e} \quad [-]$$

$$t_i \quad \text{vnitřní výpočtová teplota} \quad [^{\circ}\text{C}]$$

$$t_e \quad \text{venkovní výpočtová teplota} \quad [^{\circ}\text{C}]$$

$$t_{\text{p,vz}} \quad \text{teplota přiváděného větracího vzduchu} \quad [^{\circ}\text{C}]$$

Celková tepelná ztráta místnosti (8)

$$Q_{\text{C,m}} = Q_{\text{P}} + Q_{\text{V}} - Q_{\text{Z}} \quad [\text{W}]$$

$$Q_{\text{P}} \quad \text{tepelná ztráta prostupem} \quad [\text{W}]$$

$$Q_{\text{V}} \quad \text{tepelná ztráta větráním} \quad [\text{W}]$$

$$Q_{\text{Z}} \quad \text{trvalý tepelný zisk} \quad [\text{W}]$$

Celková tepelná ztráta podlaží (9)

$$Q_{\text{C,p}} = Q_{\text{C,m1}} + Q_{\text{C,m2}} + Q_{\text{C,m3}} + \dots + Q_{\text{C,mn}} \quad [\text{W}]$$

Celková tepelná ztráta budovy (10)

$$Q_{\text{C}} = Q_{\text{C,p1}} + Q_{\text{C,p2}} + Q_{\text{C,p3}} + \dots + Q_{\text{C,pn}} \quad [\text{W}]$$

Tepelná charakteristika budovy (11)

$$T_c = \frac{Q_c}{V \cdot (t_{i,r} + 15)} \quad [\text{W/m}^3\text{K}]$$

Q_c celková tepelná ztráta budovy [W]

V obestavěný vytápěný prostor [m^3]

$t_{i,r}$ průměrná vnitřní teplota [$^{\circ}\text{C}$]

Spotřeba energie na vytápění dle STN 730540 (12)

$$E = 2100 \cdot \frac{Q_c}{1000} \cdot \frac{35}{t_{i,r} - t_e} \cdot \frac{1}{V} \quad [\text{kWh/m}^3\text{rok}]$$

Q_c celková tepelná ztráta budovy [W]

V obestavěný vytápěný prostor [m^3]

$t_{i,r}$ průměrná vnitřní teplota [$^{\circ}\text{C}$]

t_e venkovní výpočtová teplota [$^{\circ}\text{C}$]

Průměrný součinitel prostupu tepla budovy dle ČSN 730540 (13)

$$U_{em} = \frac{q_c}{S_c} \quad [\text{W/m}^2\text{K}]$$

q_c celková měrná tepelná ztráta [W/K]

S_c celková plocha teplosměnných konstrukcí [m^2]

$$q_c = q_{vz} + q_{ze} + q_{nm} + q_{om} \quad [\text{W/K}]$$

5.3 Výpočet tepelných ztrát rodinného domu

Pro výpočet tepelných ztrát rodinného domu počítáme s venkovní navrhovanou teplotou $t_e = -15^{\circ}\text{C}$, která je určena pro oblast Frýdku-Místku. Průměrná roční teplota venkovního vzduchu $t_{e,r} = 7,8^{\circ}\text{C}$ a korekční činitel zohledňující typické roční kolísání teploty je $f_{g1} = 1,45$. Přehledy konstrukcí a jejich tloušťky jsou uvedeny v kapitole 8.1.1 Přehledy stávajících konstrukcí. Všechny koeficienty a součinitele jsou čerpány z vyhlášky ČSN EN 12831. Výpočet byl proveden po jednotlivých místnostech podle zmíněné normy ČSN EN 12831.

Navrhovaná venkovní teplota	t_e	-15	°C
Průměrná roční teplota venkovního vzduchu	$t_{e,r}$	7,8	°C
Činitel ročního kolísání venkovní teploty	t_{f1}	1,45	
Průměrná vnitřní teplota v budově	$t_{i,r}$	20,5	°C
Exponovaný obvod budovy	O	40,2	m
Obestavěný prostor vytápěných částí budovy	V	630,2	m ³
Půdorysná plocha podlahy objektu	S	100,7	m ²

Tabulka 2: Základní parametry budovy

5.3.1 Přehled stávajících konstrukcí

Označení konstrukce	U [W/m ² K]		Vrstva	d [mm]	λ [W/mK]	Rv [m ² K/W]
Stěna venkovní	1,332		Korekční činitel $\Delta U = 0,03 \text{ W/m}^2\text{K}$	UN,20 = 0,3 W/m ² K		
		R _{si}	Odpor při přestupu			0,13
			Omítka vápenná	15	0,88	0,017
			CP 290/140/65 (1700)	440	0,78	0,564
			Omítka vápenná	15	0,88	0,017
		R _{se}	Odpor při přestupu			0,04
			Σ	470		0,768
Sokl	1,545		Korekční činitel $\Delta U = 0,03 \text{ W/m}^2\text{K}$	UN,20 = 0,3 W/m ² K		
		R _{si}	Odpor při přestupu			0,13
			Omítka vápenná	15	0,88	0,017
			CP 290/140/65 (1700)	300	0,78	0,385
			Porfyr, břidlice	150	1,7	0,088
		R _{se}	Odpor při přestupu			0,04
			Σ	465		0,66
Stěna vnitřní	2,610		Korekční činitel $\Delta U = 0,03 \text{ W/m}^2\text{K}$	UN,20 = 1,5 W/m ² K		
		R _{si}	Odpor při přestupu			0,13
			Omítka vápenná	15	0,88	0,017
			CP 290/140/65 (1700)	140	0,78	0,385
			Omítka vápenná	15	0,88	0,017
		R _{se}	Odpor při přestupu			0,04
			Σ	170		0,589
Okna	1,2		Korekční činitel $\Delta U = 0,05 \text{ W/m}^2\text{K}$	UN,20 = 1,7 W/m ² K		

Označení konstrukce	U [W/m²K]		Vrstva	d [mm]	λ [W/mK]	R _v [m²K/W]
Podlaha 1.N.P.	0,672		Korekční činitel $\Delta U = 0,02 \text{ W/m}^2\text{K}$	UN,20 = 0,60 W/m²K		
		R _{si}	Odpor při přestupu			0,17
			Linoleum	5	0,19	0,026
			Dřevo tvrdé kolmo k vláknům	24	0,18	0,133
			Škvára ulehlá	190	0,21	0,905
			Beton hutný (2100)	120	1,05	0,114
			Omítka vápenná	10	0,7	0,014
		R _{se}	Odpor při přestupu			0,17
			Σ	349		1,532
Podlaha 2.N.P.	0,933		Korekční činitel $\Delta U = 0,02 \text{ W/m}^2\text{K}$	UN,20 = 0,24 W/m²K		
		R _{si}	Odpor při přestupu			0,17
			Linoleum	5	0,19	0,026
			Dřevo tvrdé kolmo k vláknům	24	0,22	0,109
			Škvára ulehlá	170	0,27	0,63
			Dřevo tvrdé kolmo k vláknům	24	0,22	0,109
			Omítka vápenná	10	0,88	0,011
		R _{se}	Odpor při přestupu			0,04
			Σ	233		1,095
Podlaha sklep	3					
Střecha	0,341		Korekční činitel $\Delta U = 0,02 \text{ W/m}^2\text{K}$	UN,20 = 0,24 W/m²K		
		R _{si}	Odpor při přestupu			0,1
			Dřevo tvrdé kolmo k vláknům	24	0,22	0,109
			DELTA-FOL REFLEX	0	0	0
			ORSIL T 12	120	0,039	2,797
			Dřevo tvrdé kolmo k vláknům	15	0,22	0,068
			Hliník	1	204	0
		R _{se}	Odpor při přestupu			0,04
			Σ	160		3,114

Tabulka 3 Přehled stávajících konstrukcí

5.3.2 Příklad výpočtu tepelných ztrát místnosti

Příklad výpočtu tepelné ztráty místnosti, byl proveden pro místnost obývacího pokoje spojeného s kuchyní. Místnost je vytápěna a vnitřní výpočtová teplota je 20 °C. Zbývající hodnoty, které jsou potřebné k výpočtu, jsou uvedeny v tabulce č. XX

Název konstrukce	Plocha S [m ²]	U [W/m ² K]
Stěna venkovní	49,95	1,332
Podlaha 1.N.P.	54,63	0,672
Okna	7,56	1,2

Tabulka 4: Konstrukce – Obývacího pokoje a kuchyně

Tepelná ztráta prostupem (1)

$$Q_P = (q_{vz} + q_{ze} + q_{nm} + q_{om}) \cdot (t_i - t_e) \quad [W]$$

Koeficient tepelné ztráty ve styku s vnějším vzduchem

$$q_{vz} = \sum S \cdot (U + \Delta U) \cdot e \quad [W/K]$$

$e = 1$ pro neprůsvitné konstrukce

$e = 1,15$ pro průsvitné konstrukce

Stěnou venkovní:

$$q_{vz} = 49,95 \cdot (1,332 + 0,03) \cdot 1 = 68,04 \text{ W/K}$$

Okny:

$$q_{vz} = 7,56 \cdot (1,2 + 0,05) \cdot 1,15 = 10,60 \text{ W/K}$$

Koeficient tepelné ztráty ve styku s nevytápěnými místnostmi

$$q_{nm} = \sum S \cdot (U + \Delta U) \cdot t_{f3} \quad [W/K]$$

$$t_{f3} = \frac{t_i - t_{nm}}{t_i - t_e} \quad [-]$$

$$q_{nm} = 54,63 \cdot (0,672 + 0,02) \cdot 0,43 = 16,26 \text{ W/K}$$

$$t_{f3} = \frac{20 - 5}{20 - (-15)} = 0,43$$

Koeficient tepelné ztráty ve styku s rozdílně vytápěnými místnostmi

$$q_{om} = \sum S \cdot U \cdot t_{f4} \quad [W/K]$$

$$t_{f4} = \frac{t_i - t_{om}}{t_i - t_e} \quad [-]$$

Stěnou vnitřní:

$$q_{om} = 6,64 \cdot 2,61 \cdot -0,11 = -1,90 \text{ W/K}$$

$$t_{f4} = \frac{20-24}{20-(-15)} = -0,11$$

Dveřmi:

$$q_{om} = 1,58 \cdot 2 \cdot -0,11 = -0,36 \text{ W/K}$$

$$t_{f4} = \frac{20-24}{20-(-15)} = -0,11$$

$$Q_P = (q_{vz} + q_{ze} + q_{nm} + q_{om}) \cdot (t_i - t_e)$$

$$Q_P = ((68,04 + 10,60) + 16,26 + (-1,90 - 0,36)) \cdot (20 - (-15)) = 3\,243 \text{ W}$$

Tepelná ztráta větráním (2)

$$Q_V = q_v \cdot (t_i - t_e) \quad [W]$$

$$Q_V = 27,12 \cdot (20 - (-15)) = 949 \text{ W}$$

Koeficient tepelné ztráty větráním (3)

$$q_v = 0,34 \cdot \dot{V} \quad [-]$$

$$q_v = 0,34 \cdot 79,77 = 27,12$$

Proud větracího vzduchu (4)

$$\dot{V} = \max(\dot{V}_{inf}, \dot{V}_{min}) \quad [m^3/h]$$

$$\dot{V} = \max(56,98 ; 79,77) \text{ m}^3/h$$

Větrací proud způsobený infiltrací (5)

$$\dot{V}_{\text{inf}} = 2 \cdot V_m \cdot n_{50} \cdot e_1 \cdot \gamma \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

$$\dot{V}_{\text{inf}} = 2 \cdot 113,95 \cdot 7 \cdot 0,05 \cdot 1 = 79,77 \text{ m}^3/\text{h}$$

Větrací minimální proud v místnosti (6)

$$\dot{V}_{\text{min}} = n_{\text{min}} \cdot V_m \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

$$\dot{V}_{\text{min}} = 0,5 \cdot 113,95 = 56,98 \text{ m}^3/\text{h}$$

Celková tepelná ztráta místnosti (8)

$$Q_{C,m} = Q_P + Q_V - Q_Z \quad [\text{W}]$$

$$Q_{C,m} = 3\,243 + 949 = 4\,192 \text{ W}$$

5.4 Tepelné ztráty stávající budovy

U dalších výpočtu tepelných ztrát bylo postupováno dle výše uvedeného příkladu výpočtu pro obývací pokoj s kuchyní a tyto hodnoty byly zapsány do následujících tabulek.

Podlaží č.1:

Číslo místnosti	Název místnosti	Ztráta prostupem Q_P [W]	Ztráta větráním Q_V [W]	Celková ztráta míst. $Q_{C,m}$ [W]	Podíl z celkové ztráty budovy [%]
101	Obývací pokoj + kuchyň	3 243	949	4 192	22,6
102	Ložnice	1 144	311	1 455	7,8
103	Koupelna + WC	859	298	1 157	6,2
104	Chodba	1 019	214	1 233	6,7
Σ		6 265	1 771	8 036	43,4

Tabulka 5 Tepelné ztráty podlažím č. 1

Celková tepelná ztráta podlažím č.1 (9)

$$Q_{C,p} = Q_{C,m1} + Q_{C,m2} + Q_{C,m3} + \dots + Q_{C,mn} \quad [W]$$

$$Q_{C,p} = 4\,192 + 1\,455 + 1\,157 + 1233 = 8\,036 \text{ W}$$

Tepelné ztráty podlažím č. 1	[W]
Ztráta prostupem Q_P	6 265
Ztráta větráním Q_V	1 771
Celková ztráta podlaží $Q_{C,p}$	8 036

Tabulka 6 Shrnutí tepelných ztrát podlažím č. 1

Podlaží č.2:

Číslo místnosti	Název místnosti	Ztráta prostupem Q_P [W]	Ztráta větráním Q_V [W]	Celková ztráta míst. $Q_{C,m}$ [W]	Podíl z celkové ztráty budovy [%]
201	Obývací pokoj + kuchyň	2 835	905	3 740	20,2
202	Pokoj č.1	1 223	299	1 522	8,2
203	Koupelna + WC	854	286	1 140	6,1
204	Chodba	1 108	206	1 314	7,1
Σ		6 020	1 696	7 716	41,6

Tabulka 7 Tepelné ztráty podlažím č. 2

Celková tepelná ztráta podlažím č.2 (9)

$$Q_{C,p} = Q_{C,m1} + Q_{C,m2} + Q_{C,m3} + \dots + Q_{C,mn} \quad [W]$$

$$Q_{C,p} = 3\,740 + 1\,522 + 1\,140 + 1\,314 = 7\,716 \text{ W}$$

Tepelné ztráty podlažím č. 2	[W]
Ztráta prostupem Q_P	6 020
Ztráta větráním Q_V	1 696
Celková ztráta podlaží $Q_{C,p}$	7 716

Tabulka 8 Shrnutí tepelných ztrát podlažím č. 2

Podkroví:

Číslo místnosti	Název místnosti	Ztráta prostupem Q_P [W]	Ztráta větráním Q_V [W]	Celková ztráta míst. $Q_{C,m}$ [W]	Podíl z celkové ztráty budovy [%]
301	Ložnice	741	270	1 011	5,5
302	Obývací pokoj	1 240	533	1 773	9,6
Σ		1 981	804	2 784	15,0

Tabulka 9 Tepelné ztráty podkrovím

Celková tepelná ztráta podkrovím (9)

$$Q_{C,p} = Q_{C,m1} + Q_{C,m2} + Q_{C,m3} + \dots + Q_{C,mn} \quad [W]$$

$$Q_{C,p} = 1 773 + 1 011 = 2 784 \text{ W}$$

Tepelné ztráty podkrovím	[W]
Ztráta prostupem Q_P	1 981
Ztráta větráním Q_V	804
Celková ztráta podlaží $Q_{C,p}$	2 784

Tabulka 10 Shrnutí tepelných ztrát podkrovím

5.4.1 Celkové tepelné ztráty stávající budovy

Celková tepelná ztráta budovy (10)

$$Q_C = Q_{C,p1} + Q_{C,p2} + Q_{C,p3} + \dots + Q_{C,pn} \quad [W]$$

$$Q_C = 8 036 + 7 716 + 2784 = 18 536 \text{ W}$$

Celkové tepelné ztráty budovy	[W]	[%]
Celková ztráta prostupem Q_P	14 265	77,0
Celková ztráta větráním Q_V	4 271	23,0
Celková ztráta budovy Q_C	18 536	100,0

Tabulka 11 Shrnutí tepelných ztrát stávající budovy

5.4.2 Souhrn parametrů stávajících místností

Číslo místnosti	Název místnosti	Teplota místnosti t_i [°C]	Vytápěná plocha S [m ²]	Objem vzduchu V [m ³]	Celková ztráta $Q_{C,m}$	Podíl z celkové ztráty budovy [%]
101	Obývací pokoj + kuchyň	20	54,6	113,9	4 192	22,6
102	Ložnice	20	17,7	37,3	1 331	7,8
103	Koupelna + WC	24	12,1	32,1	1 043	6,2
104	Chodba	20	14,8	25,6	1 130	6,7
201	Obývací pokoj + kuchyň	20	54,6	108,7	3 740	20,2
202	Ložnice	20	18,3	35,9	1 522	8,2
203	Koupelna + WC	24	14,5	30,9	1 140	6,1
204	Chodba	20	12,8	24,7	1 314	7,1
301	Ložnice	20	17,4	32,5	1 011	5,5
302	Obývací pokoj	20	40,8	64,0	1 773	9,6
Σ			257,5	505,5	18 536	100,0

Tabulka 12 Souhrn parametrů stávající místnosti

5.4.3 Tepelné ztráty prostupem jednotlivými konstrukcemi

Tepelná ztráta prostupem	Q_P [W]	[%]	Plocha S [m ²]	Q_P [W]/S [m ²]
Okno jednoduché	849	4,6	17,4	48,7
Stěna venkovní	10 583	57,1	194,9	54,3
Podlaha 1.N.P.	1 033	5,6	99,2	10,4
Stěna vnitřní	0	0	110,0	0
Dveře	51	0,3	11,1	4,6
Okno střešní	43	0,2	0,8	56,4
Střecha	942	5,1	79,1	11,9
Podlaha 2.N.P.	0	0	26,0	0
Okno trojúhelníkové	412	2,2	8,5	48,3
Tepelné vazby	338	1,9	-	-

Tabulka 13 Souhrn tepelných ztrát jednotlivými konstrukcemi stávající budovy

5.4.4 Průměrný součinitel prostupu tepla stávající budovy

Průměrný součinitel tepla stávající budovy byl vypočten dle normy STN 730540 podle vzorce (13) uvedeného v kapitole Postup výpočtu tepelných ztrát.

Průměrný součinitel prostupu tepla budovy dle ČSN 730540 (13)

$$U_{em} = \frac{q_c}{S} \quad [W/m^2K]$$

$$q_c = q_{vz} + q_{ze} + q_{nm} + q_{om} \quad [W/K]$$

$$U_{em} = \frac{401,9}{401,5} = 1,00 \text{ W/m}^2K$$

Celkový součinitel tepelné ztráty (ustálený měrný tepelný tok) prostupem q_c	401,9	W/K
Plocha obalových konstrukcí budovy S	401,5	m ²
Limit průměrného součinitele prostupu tepla obálky budovy U_{em,lim}	0,49	W/m ² K
Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovyU_{em}	1,00	W/m²K

Tabulka 14 Hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla stávající konstrukce

5.5 Návrh a volba tepelné izolace

Na vybraný rodinný dům můžeme aplikovat všechny tři druhy výše uvedených venkovních zateplovacích systému. Tato stavba bude zateplena pomocí kontaktního zateplovacího systému (ETICS) a jako izolační materiál se použije minerální vata Isover TF PROFI o tloušťce 200 mm. Použití minerální vaty je sice nákladnější, než kdyby byl pro zateplení budovy využit bílý či šedý pěnový polystyren. Přesto je tento druh nejvhodnějším izolačním materiálem, protože zlepšuje akustické vlastnosti domu, který se nachází v blízkosti (cca 200 m) kolejové tratě a frekventované mezistátní silnice I. třídy. Také disponuje nízkým difúzním odporem, což napomáhá k odvádění vlhkosti z konstrukce domu. Povrchová úprava fasády bude provedena pomocí stěrky s výztužnou tkaninou spolu s tenkovrstvou zrnitou silikonovou omítkou o tloušťce 1,5 mm. Před samotnou izolací obvodových konstrukcí bude provedena demontáž původní střechy a položení minerální vaty o tloušťce 200 mm, včetně hydroizolace, prodloužení přesahu střechy o 700 mm a pokládky nové hliníkové krytiny.

Název izolace	λ [W/mK]	Tloušťka izolace [mm]	Tloušťka konstrukce [mm]	U [W/m ² K]
Polystyren- Isover EPS 100F	0,037	200	672	0,162
Polystyren - Isover EPS GreyWall	0,032	180	652	0,156
Minerální vata - Isover TF PROFI	0,036	200	672	0,158

Tabulka 15 Vlastnosti izolačních materiálů

5.5.1 Přehled zateplených konstrukcí

Označení konstrukce	U [W/m²K]		Vrstva	d [mm]	λ [W/mK]	R _v [m²K/W]
Stěna venkovní + izolace	0,158		Korekční činitel $\Delta U = 0,02 \text{ W/m}^2\text{K}$	UN,20 = 0,30 W/m²K		
		R _{si}	Odpor při přestupu			0,130
		R _{se}	Omítka vápenná	15	0,880	0,017
			CP 290/140/65 (1700)	440	0,780	0,564
			Omítka vápenná	15	0,880	0,017
			Isover TF PROFI	200	0,036	5,556
			Cemix TZ Silikátová ZO b/b	2	0,650	0,003
			Odpor při přestupu			0,040
			Σ	672		6,327
Střecha + izolace	0,136		Korekční činitel $\Delta U = 0,02 \text{ W/m}^2\text{K}$	UN,20 = 0,24 W/m²K		
		R _{si}	Odpor při přestupu			0,100
			Dřevo tvrdé kolmo k vláknům	24	0,220	0,109
			DELTA-FOL REFLEX	0		
			ORSIL T 12	120	0,039	2,797
			Isover UNIROL PROFI 10	200	0,033	5,51
			Dřevo tvrdé kolmo k vláknům	15	0,220	0,068
			Hliník	1	204,0	0
		R _{se}	Odpor při přestupu			0,040
			Σ	360		8,624

Tabulka 16 Přehled prostupu tepla zateplenými konstrukcemi

5.6 Tepelné ztráty zateplené budovy

Podlaží č.1:

Číslo místnosti	Název místnosti	Ztráta prostupem Q _p [W]	Ztráta větráním Q _v [W]	Celková ztráta míst. Q _{C,m} [W]	Podíl z celkové ztráty budovy [%]
101	Obývací pokoj + kuchyň	1 180	678	1 858	25,8
102	Ložnice	318	222	540	7,5
103	Koupelna + WC	546	213	758	10,5
104	Chodba	250	153	403	5,6
Σ		2 293	1 265	3 559	49,4

Tabulka 17 Tepelné ztráty zateplené budovy podlažím č. 1

Celková tepelná ztráta podlažím č.1 (9)

$$Q_{C,p} = Q_{C,m1} + Q_{C,m2} + Q_{C,m3} + \dots + Q_{C,mn} \quad [W]$$

$$Q_{C,p} = 1\,858 + 540 + 758 + 403 = 3\,559 \text{ W}$$

Tepelné ztráty podlažím č. 1	[W]
Ztráta prostupem Q_P	2 293
Ztráta větráním Q_V	1 265
Celková ztráta podlaží $Q_{C,p}$	3 559

Tabulka 18 Souhrn tepelných ztrát zateplené budovy podlažím č. 1

Podlaží č.2:

Číslo místnosti	Název místnosti	Ztráta prostupem Q_P [W]	Ztráta větráním Q_V [W]	Celková ztráta míst. $Q_{C,m}$ [W]	Podíl z celkové ztráty budovy [%]
201	Obývací pokoj + kuchyň	439	646	1 085	15,1
202	Pokoj č.1	136	214	349	4,8
203	Koupelna + WC	434	205	638	8,9
204	Chodba	7	147	153	2,1
Σ		1 015	1 212	2 226	30,9

Tabulka 19 Tepelné ztráty zateplené budovy podlažím č. 2

Celková tepelná ztráta podlažím č.2 (9)

$$Q_{C,p} = Q_{C,m1} + Q_{C,m2} + Q_{C,m3} + \dots + Q_{C,mn} \quad [W]$$

$$Q_{C,p} = 1\,085 + 349 + 638 + 153 = 2\,226 \text{ W}$$

Tepelné ztráty podlažím č. 2	[W]
Ztráta prostupem Q_P	1 015
Ztráta větráním Q_V	1 212
Celková ztráta podlaží $Q_{C,p}$	2 226

Tabulka 20 Souhrn tepelných ztrát zateplené budovy podlažím č. 2

Podkroví:

Číslo místnosti	Název místnosti	Ztráta prostupem Q_P [W]	Ztráta větráním Q_V [W]	Celková ztráta míst. $Q_{C,m}$ [W]	Podíl z celkové ztráty budovy [%]
301	Ložnice	332	193	525	7,3
302	Obývací pokoj	519	381	900	12,5
Σ		851	574	1 425	19,8

Tabulka 21 Tepelné ztráty zateplené budovy podkrovím

Celková tepelná ztráta podkrovím (9)

$$Q_{C,p} = Q_{C,m1} + Q_{C,m2} + Q_{C,m3} + \dots + Q_{C,mn} \quad [W]$$

$$Q_{C,p} = 525 + 900 = 1\,425 \text{ W}$$

Tepelné ztráty podkrovím	[W]
Ztráta prostupem Q_P	851
Ztráta větráním Q_V	574
Celková ztráta podlaží $Q_{C,p}$	1 425

Tabulka 22 Souhrn tepelných ztrát zateplené budovy podkrovím

5.6.1 Celkové tepelné ztráty zateplené budovy

Celková tepelná ztráta budovy (10)

$$Q_C = Q_{C,p1} + Q_{C,p2} + Q_{C,p3} + \dots + Q_{C,pn} \quad [W]$$

$$Q_C = 3\,559 + 2\,226 + 1\,425 = 7\,210 \text{ W}$$

Celkové tepelné ztráty budovy	[W]	[%]
Celková ztráta prostupem Q_P	4 159	57,7
Celková ztráta větráním Q_V	3 051	42,3
Celková ztráta budovy Q_C	7 210	100,0

Tabulka 23 Souhrn celkových tepelných ztrát zateplenou budovou

5.6.2 Souhrn parametrů zateplených místností

Číslo místnosti	Název místnosti	Teplota místnosti t_i [°C]	Vytápěná plocha S [m ²]	Objem vzduchu V [m ³]	Celková ztráta $Q_{C,m}$	Podíl z celkové ztráty budovy [%]
101	Obývací pokoj + kuchyň	20	54,6	113,9	1 858	25,8
102	Ložnice	20	17,7	37,3	540	7,5
103	Koupelna + WC	24	12,1	32,1	758	10,5
104	Chodba	20	14,8	25,6	403	5,6
201	Obývací pokoj + kuchyň	20	54,6	108,7	1 085	15,1
202	Ložnice	20	18,3	35,9	349	4,8
203	Koupelna + WC	24	14,5	30,9	638	8,9
204	Chodba	20	12,8	24,7	153	2,1
301	Ložnice	20	17,4	32,5	525	7,3
302	Obývací pokoj	20	40,8	64,0	900	12,5
Σ			257,5	505,5	7 210	100,0

Tabulka 24 Souhrn parametrů zateplených místností

5.6.3 Tepelné ztráty prostupem jednotlivými konstrukcemi zateplené budovy

Tepelná ztráta prostupem	Q_P [W]	[%]	Plocha S [m ²]	Q_P [W]/ S [m ²]
Okno jednoduché	849	11,8	17,4	48,7
Stěna venkovní s izolací	1 100	15,3	194,9	5,6
Podlaha 1.N.P.	1 033	14,3	99,2	10,4
Stěna vnitřní	0	0	110,0	0
Dveře	51	0,7	11,1	4,6
Okno střešní	43	0,6	0,8	56,4
Střecha s izolací	388	5,4	79,1	4,9
Podlaha 2.N.P.	0	0	26,0	0
Okno trojúhelníkové	412	5,7	8,5	48,3
Tepelné vazby	280	3,9		

Tabulka 25 Souhrn tepelných ztrát jednotlivými konstrukcemi stávající budovy

5.6.4 Průměrný součinitel prostupu tepla zateplené budovy

Průměrný součinitel prostupu tepla budovy dle ČSN 730540 (13)

$$U_{em} = \frac{q_c}{S_o} \quad [W/m^2K]$$

$$q_c = q_{vz} + q_{ze} + q_{nm} + q_{om} \quad [W/K]$$

$$U_{em} = \frac{117,2}{401,5} = 0,29 \text{ W/m}^2K$$

Celkový součinitel tepelné ztráty (ustálený měrný tepelný tok) prostupem q_c	117,2	W/K
Plocha obalových konstrukcí budovy S_o	401,5	m ²
Limit průměrného součinitele prostupu tepla obálky budovy U_{em,lim}	0,49	W/m ² K
Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovyU_{em}	0,29	W/m ² K

Tabulka 26 Hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla zateplenou konstrukcí

6 Zdroje vytápění

6.1.1 Stávající zdroj vytápění

Dům je vytápěn plynovým kotlem GASEX 24, který spaluje zemní plyn nebo svítiplyn. Technické údaje kotle jsou uvedeny v tabulce 27. Kotel je v provozu už od roku 1992 a při jeho poslední údržbě byla stanovena účinnost kotle 55,4 %.

Výkon kotle	24	kW
Výhřevná plocha	2	m ²
Účinnost	83-85	%
Palivo	zemní plyn	svítiplyn
Spotřeba	3	8
Přetlak plynu	1,8	0,8
Napětí	220 V, 50 Hz	
Elektrický příkon	13	W
Max. pracovní přetlak	0,2	MPa
Hmotnost	115	kg
Obsah vody	35	l
Hlučnost	max. 65	dB

Tabulka 27 Parametry kotle GASEX 24



Obrázek 10 GASEX 24

6.1.2 Navrhovaný zdroj vytápění

Kondenzační plynový kotel Prestige Excellence 32. Jeho maximální a minimální užitečný výkon při teplotách 80/60 °C je od 30-3,7 kW. Jedná se o závěsný kondenzační kotel s velmi kvalitním nerezovým výměníkem. Speciální tvar výměníku je konstruován tak, aby byla dosahována velmi vysoká hodnota Reynoldsova čísla v průběhu všech cyklů. Tato konstrukce pomáhá tomuto kotli dosahovat výjimečného výkonu, který si kotel udržuje po celou dobu jeho životnosti. Tento model je zařazen do programu „Zelená úsporám“ a je tak možné na jeho pořízení čerpat dotace. [17]



Obrázek 13 Kondenzační kotel
Prestige Excellence 32 [17]



Obrázek 124
Výměník na TUV



Obrázek 115
Prestige Excellence 32

Jmenovitý výkon	32	kW
Účinnost	96,8 - 107,3	%
Emise CO (max. výkon)	65	mg/kWh
Emise Nox	39,9	mg/
Třída	5	-
Hmotnost kotle	78	kg
Teplota spalin	83	°C
Objemový průtok paliva	3,28	m³/h
Rozsah teploty TV	20–80	l
Elektrický příkon	150	W
Objem zásobníku TV	54	l
Měrná tepelná ztráta zásobníku teplé vody $Q_{W, st}$	7,9	Wh/l.den
Cena	87 825	Kč

Tabulka 28 Parametry Prestige Excellent 32

7 Ekonomické zhodnocení

7.1 Potřeba energie na vytápění

Výpočet potřeby tepla na vytápění stávajícího stavu budovy podle starších předpisů normy ČSN 730540 (1994) a normy STN 730540 (1997) s použitím vzorce (11), (12) z kapitoly Postup výpočtu tepelných ztrát.

7.1.1 Stávající budova

Tepelná charakteristika budovy (11)

$$T_c = \frac{Q_c}{V \cdot (t_{i,r} + 15)} \quad [\text{W/m}^3\text{K}]$$

$$T_c = \frac{18\,536}{630,18 \cdot (20,5 + 15)} = 0,83 \text{ W/m}^3\text{K}$$

Spotřeba energie na vytápění dle STN 730540 (12)

$$E = 2100 \cdot \frac{Q_c}{1000} \cdot \frac{35}{t_{i,r} - t_e} \cdot \frac{1}{V} \quad [\text{kWh/m}^3\text{rok}]$$

$$E = 2100 \cdot \frac{18\,536}{1000} \cdot \frac{35}{20,5 - (-15)} \cdot \frac{1}{630,18} = 60,91 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3\text{rok}} = 38\,373,3 \text{ kWh/rok}$$

7.1.2 Zateplená budova

Tepelná charakteristika budovy (11)

$$T_c = \frac{Q_c}{V \cdot (t_{i,r} + 15)} \quad [\text{W/m}^3\text{K}]$$

$$T_c = \frac{7\,210}{630,18 \cdot (20,5 + 15)} = 0,32 \text{ W/m}^3\text{K}$$

Spotřeba energie na vytápění dle STN 730540 (12)

$$E = 2100 \cdot \frac{Q_c}{1000} \cdot \frac{35}{t_{i,r} - t_e} \cdot \frac{1}{V} \quad [\text{kWh/m}^3\text{rok}]$$

$$E = 2100 \cdot \frac{7\,210}{1000} \cdot \frac{35}{20,5 - (-15)} \cdot \frac{1}{630,18} = 23,69 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3\text{rok}} = 14\,924,7 \text{ kWh/rok}$$

7.2 Roční náklady na vytápění

Spotřeba plynu a roční náklady na vytápění byly určeny pomocí výpočtového programu dostupného na [23].

Paušální platby za plyn činí 3 108 Kč za rok.

Cena 1 kWh = 1,46 Kč

Před úpravami:

Potřeba energie na vytápění	38 373	kWh
	4771	m ³
Spotřeba plynu	50 332	kWh
Cena	76 592	Kč

Tabulka 29 Náklady na vytápění stávající budovy

Po úpravách:

Potřeba energie na vytápění	14 924	kWh
	1 298	m ³
Spotřeba plynu	13 696	kWh
Cena	23 104	Kč

Tabulka 30 Náklady na vytápění zateplené budovy

7.3 Náklady na zateplení

Název izolace	λ [W/mK]	Tloušťka izolace [mm]	Tloušťka konstrukce [mm]	U [W/m ² K]	Cena izolace bez DPH [Kč]	Celková cena zateplení [Kč]
Polystyren- Isover EPS 100F	0,037	200	672	0,162	55 512	368 828
Polystyren - Isover EPS GreyWall	0,032	180	652	0,156	51 127	345 625
Minerální vata - Isover TF PROFI	0,036	200	672	0,158	85 968	416 890

Tabulka 31 Náklady na zateplení obvodových konstrukcí

Z tabulky 31 je zřejmé, že cenově nejvýhodnějším způsobem zateplení je použití šedého polystyrenu. Tento způsob je také nejefektivnější, jelikož hodnota tepelného odporu konstrukce při použití 180 mm šedého polystyrenu Isover EPS GreyWall je 0,156 W/m²K. Jak už bylo uvedeno i přes tuto skutečnost bude, pro izolaci řešeného objektu použita minerální vata, díky jejím výše zmíněným vlastnostem. V celková cena zateplení obsahuje náklady za izolační materiál, lepící a stěrkový tmel, perlinku, penetraci, hmoždinky a silikátovou omítku. Dále byl proveden cenový návrh zateplení střechy a ten byl vyčíslen na 85 110 Kč. Cenové návrhy zateplení řešeného objektu byly provedeny nejmenovanou stavební firmou. Jsou pouze orientační a finální částka se může po uskutečnění projektu lišit.

Celková cena zateplení:

$$C_{\text{celk.}} = 416\,890 + 85\,110 = 502\,000 \text{ Kč}$$

7.4 Prostá doba návratnosti

Do výpočtu prosté doby návratnosti musíme k celkové ceně zateplení připočítat i cenu nově pořízeného kondenzačního plynového kotle a ten poté podělit finanční úsporou za platbu energie na vytápění.

Celková cena úprav:

$$C_{\text{úprav}} = 502\,000 + 87\,825 = 589\,825 \text{ Kč}$$

Roční úspora za energie na vytápění:

$$r_{\text{úspora}} = 76\,592 - 23\,104 = 53\,488 \text{ Kč}$$

Prostá doba návratnosti:

$$D_n = \frac{C_{\text{úprav}}}{r_{\text{úspora}}}$$

$$D_n = \frac{589\,825}{53\,488} = 11,03 \text{ let}$$

Doba návratnosti a investiční náklady mohou být výrazně sníženy zmíněným programem „Nová zelená úsporám“, kde díky výše navržených opatřeních můžeme dosáhnout na oblast podpory A1 a dostat dotaci ve výši 1 550 Kč/m² podlahové plochy. Budeme-li předpokládat neustálý růst cen energií bude reálná návratnost ještě o něco nižší.

8 Závěr

V teoretické části této bakalářské práce byla popsána problematika zateplení budov. Byl zpracován popis technických a ekonomických výhod, kterých můžeme dosáhnout správnou volbou druhu systému tepelné izolace a vhodným tepelně izolačním materiálem. Také byly popsány a uvedeny možnosti izolačních systémů spolu s nejpoužívanějšími izolačními materiály a získání dotací.

V praktické části této bakalářské práce byla provedena tepelná bilance řešeného objektu. Jejíž součástí je popis postupu výpočtu tepelných ztrát dle normy ČSN EN 12831 a zhodnocení stávajícího stavu rodinného domu spolu s tabulkami obsahujícími součinitele prostupu tepla stávajícími konstrukcemi. Dále byl v této kapitole uveden vzorový výpočet tepelné ztráty obývacího pokoje spojeného s kuchyní, tepelné ztráty ostatních místností byly uvedeny v tabulkách. Byla vypočítána celková tepelná ztráta stávající budovy, jejíž hodnota je 18 536 W, která se skládá z tepelné ztráty prostupem o hodnotě 14 265 W a tepelné ztráty větráním o hodnotě 4 271 W. Aby byly tyto tepelné ztráty co nejvíce sníženy bylo třeba zvolit správný druh zateplovacího systému spolu s návrhem nejvhodnějšího izolačního materiálu. Po srovnání fyzikálních vlastností materiálů bylo zvoleno zateplení minerální vatou s využitím kontaktního zateplovacího systému obvodových konstrukcí. Také bylo navrženo zateplení střechy. Následně byly přepočítány tepelné ztráty obálkou budovy, poněvadž byl výrazně snížen součinitel prostupu tepla. Hodnota tepelné ztráty zateplenou konstrukcí byla vypočítána na 7 210 W, z čehož 4 159 W je prostupem a 3 051 W větráním.

V poslední části bakalářské práce bylo provedeno ekonomické zhodnocení, které obsahuje výpočet potřeby tepla na vytápění stávající a zateplené budovy díky kterému byly vypočteny náklady za energie potřebné na vytápění před a po zateplení budovy. Dále bylo provedeno cenové zhodnocení nejpoužívanějších izolačních materiálů spolu s celkovou cenou zateplení. Poslední výpočet bylo vypočtení doby prosté návratnosti zateplení, který byl stanoven na 11 let.

9 Seznam použité literatury

- [1] *Study on the Energy Savings Potentials in EU Member States, Candidate Countries and EEA Countries Final Report* [online] [cit. 2016-12-20] Dostupné z WWW: <https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/2009_03_15_esd_efficiency_potentials_final_report.pdf>.
- [2] GABRIEL, Ingo, LADENER, Heinz a kol. *Od staré stavby k nízkoenergetickému a pasivnímu domu*. Ostrava: HEL, 2013. IBSN 978-80-86167-30-5.
- [3] MURTINGER, Karel. *Úsporný rodinný dům*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2013. IBSN 978-80-247-4559-6.
- [4] ŠUBRT, R. *Zateplování*. Brno: ERA, 2008. 1 vydání. IBSN 978-80-7366-138-0.
- [5] STEMPEL, Ulrich E. *Zateplení a rekonstrukce budov*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2014. IBSN 978-80-247-4808-5.
- [6] *Národní akční plán energetické účinnosti ČR* [online] [cit. 2016-1-22] Dostupné z WWW: <<https://www.mpo.cz/dokument150542.html>>.
- [7] *Oprávnění žadatelé* [online] [cit. 2016-1-22] Dostupné z WWW: <<http://www.novazelenausporam.cz/zadatele-o-dotaci/rodinne-domy/3-vyzva-rodinne-domy/opravneni-zadatele-3-vyzva/>>.
- [8] *Oblasti podpory* [online] [cit. 2017-1-22] Dostupné z WWW: <<http://www.novazelenausporam.cz/zadatele-o-dotaci/rodinne-domy/3-vyzva-rodinne-domy/oblasti-podpory-3-vyzva/>>.
- [9] *Jak funguje kontaktní zateplovací systém* [online] [cit. 2017-2-2] Dostupné z WWW: <https://www.energoportal.cz/forum/zatepleni-domu/1314/?ridici_hodnota_akce=pripojit_reakci&id_tematu=13&id_zaznamu=25715&id_vlakna=1314&nazev_vlakna=tepelne-izolacni-omitka-25712&nazev_tematu=zateplenidomu&nadpis_zaznamu=Tepeln%25EC+izola%25E8n%25ED+om%25EDtka&typ_prispevku=reakce>.
- [10] *Zateplovací (tepelně-izolační) omítky umožní stěnám volně dýchat* [online] [cit. 2017-2-2] Dostupné z WWW: <<http://www.zatepleni-kwaczek.cz/zateplovaci-omitky>>.

- [11] *Vlastnosti expandovaného pěnového polystyrenu (EPS)* [online] [cit. 2017-4-14] Dostupné z WWW: <<http://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/8482-vlastnosti-expandovaneho-penoveho-polystyrenu-eps>>.
- [12] *Polystyren EPS a extrudovaný polystyren XPS – srovnání* [online] [cit. 2017-4-14] Dostupné z WWW: <<http://www.tepelna-izolace.cz/polystyren-eps-a-extrudovany-polystyren-xps-srovnani.html>>.
- [13] *Tepelné izolace – přehled, materiály, druhy, způsoby použití* [online] [cit. 2017-4-14] Dostupné z WWW: <<http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/tepelne-izolace-prehled-materialy-druhy-zpusoby-po/>>.
- [14] *Jak zateplít dům, vata nebo polystyren* [online] [cit. 2017-4-14] Dostupné z WWW: <<https://www.zatepleni-fasad.eu/vse-o-zatepleni/jak-zateplit-dum-vata-nebo-polystyren/>>.
- [15] *Dodržujte základní pravidla pro zateplování šedým polystyrenem* [online] [cit. 2017-4-14] Dostupné z WWW: <<http://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/12722-dodrzuje-zakladni-pravidla-pro-zateplovani-sedym-polystyrenem>>.
- [16] *Minerální vata – fakta – díl první.* [online] [cit. 2017-4-14] Dostupné z WWW: <<http://www.tepelna-izolace.cz/mineralni-vata-fakta-dil-prvni.html>>.
- [17] *Nová řada nerezových kondenzačních kotlů* [online] [cit. 2017-4-14] Dostupné z WWW: <<http://vytapani.tzb-info.cz/kondenzace/6669-nova-rada-nerezovych-kondenzacnich-kotlu>>.
- [18] JELÍNEK, Jan. *Ekonomické zhodnocení zateplení rodinného domku*. Ostrava, 2010. Bakalářská práce. VSB – TU Ostrava. Fakulta strojní.
- [19] *Solární systém pro ohřev vody, přitápění a ohřev bazénu* [online] [cit. 2017-5-5] Dostupné z WWW: <<http://www.solarni-system.eu/ohrev-vody-pritapani-a-ohrev-bazenu>>.
- [20] *Větrání a vytápění* [online] [cit. 2017-5-5] Dostupné z WWW: <<http://www.pasivnidomy.cz/vetrani-a-vytapani/t379>>.

- [21] NOVÁ, Radka. *Klasifikace energeticky úsporných opatření a verifikace návratnosti investice do vybrané metody rekonstrukce rodinného domu*. Praha, 2016. Diplomová práce. ČVUT Praha. Fakulta stavební.
- [22] *Fasrock LG pro zateplení stropů* [online] [cit. 2017-5-5] Dostupný z WWW: <<https://www.profi-izol.cz/aktualne/fasrock-lg-pro-zatepleni-stropu>>.
- [23] *Porovnání nákladů na vytápění TZB-info* [online] [cit. 2017-5-10] Dostupný z WWW: <<http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/138-porovnani-nakladu-na-vytapani-tzb-info>>.

10 Seznam příloh

Příloha č. 1: Výkres rodinného domu – jihovýchodní pohled